

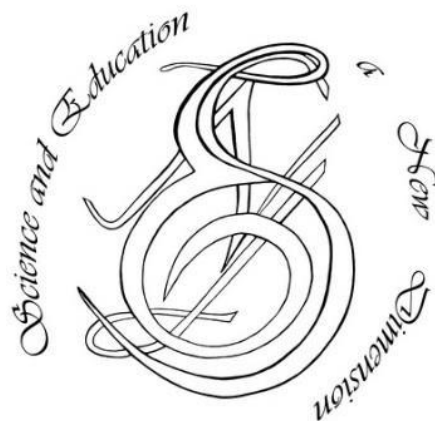
p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

**Natural and Technical Sciences, V(16), ISSUE 148, 2017**

**SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION**

**NATURAL  
AND  
TECHNICAL SCIENCES**



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

**p-ISSN 2308-5258**

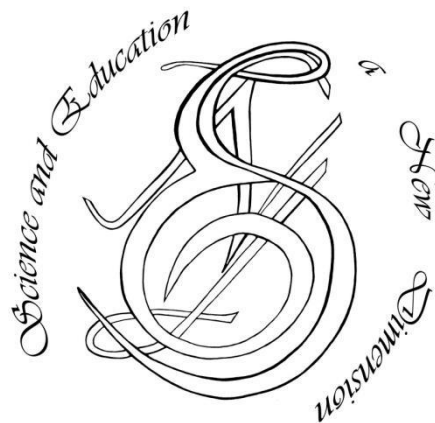
**e-ISSN 2308-1996**

V(16), Issue 148, 2017

**SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION**

[HTTPS://DOI.ORG/10.31174/SEND-NT2017-148V16](https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16)

**Natural and Technical Sciences**



Editorial board

**Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos**

**Honorary Senior Editor:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Managing editor:

**Barkáts N.**

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

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

BUDAPEST, 2015

**Statement:**

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

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

INDEX COPERNICUS: ICV 2014: 70.95; ICV 2015: 80.87; ICV 2016: 73.35

GOOGLE SCHOLAR

CROSSREF (DOI prefix:10.31174)

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU

## CONTENT

<b>ARCHITECTURE.....</b>	<b>7</b>
Принципи просторового планування гірських рекреаційних територій в Українських Карпатах <i>Г. М. Шульга.....</i>	7
Характеристика наявних господарських територій одеси, що втратили свої основні функції <i>Т. Ф. Панченко, С. С. Сторожук.....</i>	10
<b>CHEMISTRY.....</b>	<b>15</b>
Problem analysis and systematic approach in teaching discipline "Chemistry" for the integral scientific and professional training of engineers <i>A. V. Pidgornyy, T. I. Duda, O. K. Nahorna.....</i>	15
<b>ECOLOGY.....</b>	<b>19</b>
Fauna, ecological and morphological characteristics of family Sididae, Baird, 1850 (Crustacea: Cladocera: Stenopoda) of Ukrainian Roztocze <i>O. R. Ivanets.....</i>	19
Оцінка якості вод господарсько-питного і рибогосподарського призначення та її вдосконалення на прикладі нижнього Дунаю <i>С. О. Кур'янова, С. М. Юрасов.....</i>	22
The current tendencies of tax regulations of tncs' investment activity <i>Y. Shevchenko.....</i>	27
<b>PHYSICS.....</b>	<b>30</b>
Mass-spectra of Evaporation of Glasses in As-S System <i>V. P. Ivanitsky, V. S. Kovtunenکو, R. O. Meshko, M. M. Ryaboschuk, M. V. Stoika.....</i>	30
Ковариантные функторы конечной степени и $A(N)R(M)$ пространства <i>Т. Ф. Жураев.....</i>	34
<b>INFORMATION TECHNOLOGIES.....</b>	<b>38</b>
Модель забезпечення якості тематичного планування книжкових видань <i>О. І. Осінчук, І. В. Піх, В. М. Сеньківський.....</i>	38
Моделирование процесса управления уровнем авиационной безопасности аэропортов <i>В. А. Темников.....</i>	41
<b>MATHEMATICS.....</b>	<b>44</b>
Математична модель технологічного процесу пластичного опресування силового вузла полімерного ізолятора <i>В. І. Абрамов.....</i>	44
Lebesgue structure and properties of the inversor of digits of $Q_s$ -representation for fractional part of real number <i>I. V. Zamrii.....</i>	47

<b>MEDICAL SCIENCE.....</b>	<b>50</b>
Вплив масажу на психоемоційний стан хворих з остеохондрозом шийного відділу хребта <i>О. Ю. Гузак, О. Б. Мальцева, Л. П. Русин, Ю. В. Дуткевич-Іванська.....</i>	<b>50</b>
Medical and social aspects of reproductive potential of youth <i>D. O. Kalynychenko.....</i>	<b>53</b>
<b>SPORTS PHYSIOLOGY.....</b>	<b>57</b>
Вплив фізичних навантажень на організм студентів <i>О. В. Тимчик, О. В. Полковенко.....</i>	<b>57</b>
<b>TECHNICAL SCIENCES.....</b>	<b>60</b>
Modified gradient method in a decision support system for control unmanned aerial vehicles <i>О. V. Barabash, N. B. Dakhno, H. V. Shevchenko.....</i>	<b>60</b>
Определение структуры маневра экстренного расхождения <i>Е. П. Чанчай, А. И. Бурмака.....</i>	<b>63</b>
Выбор стратегии расхождения группы судов методами внешнего управления <i>И. А. Бурмака.....</i>	<b>66</b>
Учет инерционности судна при формировании области опасных курсов <i>Г. Е. Калиниченко.....</i>	<b>71</b>
Зависимость погрешности бокового отклонения судна от траекторной погрешности поворота судна <i>Ю. В. Казак.....</i>	<b>75</b>
Experimental studies as tools for solving practical problems of electromechanical nature <i>N. Nestoruk, P. Chykinov.....</i>	<b>78</b>
Взаимосвязь форм истинной и относительной траекторий расхождения <i>Т. Ю. Омельченко.....</i>	<b>82</b>
Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of small power and peak electric boilers <i>О. Р. Ostapenko.....</i>	<b>85</b>
Особенности расчета параметров маневра уклонения при локальннезависимом управлении процессом расхождения судов <i>Э. Н. Пятаков.....</i>	<b>90</b>
Оценка вероятности безопасной проводки судна стесненным маршрутом <i>В. В. Северин.....</i>	<b>94</b>
Маневр расхождения судна снижением скорости активным торможением <i>Е. Л. Волков.....</i>	<b>98</b>

## ARCHITECTURE

### Принципи просторового планування гірських рекреаційних територій в Українських Карпатах

Г. М. Шульга

Кафедра містобудування Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів, Україна  
Corresponding author. E-mail: geshulha@gmail.com

Paper received 10.10.17; Revised 16.10.17; Accepted for publication 20.10.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-01>

**Анотація.** Розглянуто закономірності функціонально-територіального розвитку рекреації в Українських Карпатах: збалансованість, конкурентна здатність галузі, стимулювання територіальних громад до процесу розвитку, забезпечення доступності рекреаційних ресурсів тощо. Запропоновані основні принципи просторового формування рекреаційних територій в умовах гірських районах, як то «еколого-містобудівного балансу», «диференціації рекреаційних потоків» та локальних принципів: «створення інноваційних об'єктів», «просторово-басейнового освоєння», «формування ядерно-осьової структури» та «каскадності розміщення об'єктів будівництва».

**Ключові слова:** «еколого-містобудівний баланс», «диференціація рекреаційних потоків», «створення інноваційних об'єктів», «просторово-басейновий підхід до територіального освоєння», «формування ядерно-осьової структури», «каскадність розміщення об'єктів будівництва».

**Вступ.** Спираючись на наукові дослідження, а також на директиви «Основополагающих принципов устойчивого пространственного развития Европейского континента и меры по их реализации», автором сформульовано основні принципи просторового розвитку рекреації на регіональному, районному і локальному рівнях з урахуванням специфіки Карпатського регіону [1].

Встановлено, що рекреаційний розвиток досліджуваного регіону повинен базуватись на таких основних положеннях:

- регіональній «збалансованості» розвитку;
- підвищенні регіональної конкурентної здатності;
- стимулюванні взаємовідносин міських і сільських поселень;
- сприянню доступності рекреаційних територій;
- заохоченню розвитку високоякісного туризму.

**Огляд публікацій по темі.** Враховуючи результати аналізу наукових досліджень Ю.М. Білокопя, І.О. Фоміна [2, 3], функціональної організації рекреаційних територій – Т.Ф.Панченко, О.Г. Максимова, О.О. Ополовнікової [4,5], визначення рекреаційних планувальних елементів – М.М. Габреля [6], а також натурні обстеження та власний досвід проектування, автором розроблено пропозиції щодо принципів просторового планування гірських рекреаційних територій.

**Мета.** Метою даного дослідження є визначення закономірностей та розробка основних принципів просторового планування рекреаційних територій для умов Карпатського регіону України.

**Матеріал та методи.** Результати натурних обстежень понад 156 існуючих рекреаційних утворень (в тому числі 75 рекреаційних центрів зимового відпочинку) на території Українських Карпат дозволили здійснити систематизацію прийомів планувально-просторової організації територіальних систем рекреації, які можна згрупувати за наступними ознаками: компактні, розосереджені, лінійні.

Встановлено, що процес розвитку рекреаційних територій слід розглядати на 3 ієрархічних рівнях:

- регіональному – формування «мережі» рекреаційних територій у взаємозв'язку з екологічною мережею;

- районному – формування «районів» різної спеціалізації (курортних, рекреаційних, туристичних) у взаємозв'язку з локальними системами розселення;

- локальному – формування рекреаційних «комплексів» різної спеціалізації (бальнеологічних, гірсько-спортивних, туристично-етнографічних тощо) у взаємозв'язку з об'єктами природно-культурної спадщини.

Так, на регіональному рівні основними завданнями є:

- визначення ареалів та окремих атрактивних місць та історичних поселень, де зосереджено курортні, рекреаційні, історико-культурні, природно-заповідні ресурси;

- формування еколого-містобудівних утворень (районів, зон, комплексів; національних і регіональних парків тощо);

- інтеграція мережі рекреаційних територій з екомережею, мережею історичних поселень і пам'яток архітектурної спадщини, системою розселення регіону;

- створення екокоридорів, транспортних коридорів, туристичних маршрутів тощо.

Ці та інші завдання було покладено автором в основу розроблення регіональних та районних принципів просторового розвитку гірської рекреації: «еколого-містобудівного балансу», «диференціації рекреаційних потоків» та локальних принципів: «створення інноваційних об'єктів», «просторово-басейнового освоєння», «формування ядерно-осьової структури» та «каскадності розміщення об'єктів будівництва».

Принцип «еколого-містобудівного балансу» передбачає виділення основних, макро-, мезо- функціональних зон, таких, як: природно-рекреаційна, урбанізована, агро-сільська, лісогосподарська тощо. Для їх делімітації необхідно здійснювати комплексну оцінку територій (природних ландшафтів, кліматичних умов; містобудівної ситуації; історико-культурних ресурсів,



транспортної доступності рекреаційних територій тощо). У результаті такої оцінки визначаються ключові території, екокоридори та транспортні мережі, які формують «ландшафтно-рекреаційні коридори» – лінійні природно-захисні смуги, що являють собою основний каркас формування ядерно-осьової планувальної структури рекреаційної мережі [4]. Так, наприклад, цей принцип був використаний автором при розробці «Концепції функціонально-планувальної структури гірсько-рекреаційного району «Полонина Руна» (Закарпатська область) (рис. 1).

Принцип «диференціації рекреаційних потоків» (рис. 1) має на меті організацію та досягнення керованості процесу розподілу відпочиваючих за напрямком, до місця відпочинку, за профілем, тривалістю відпочинкового періоду у рекреаційному закладі та за соціально-економічним статусом різних категорій контингенту відпочиваючих. При цьому, організація цього процесу передбачає визначення його ефективності відповідно до оптимістичного (максимального) і песимістичного (мінімального) прогнозу за кількістю та якістю контингенту відпочиваючих у ландшафтно-територіальному середовищі. Що стосується керованості процесу розподілу рекреантів, це залежить від інформаційно-рекламних заходів з просування рекреаційно-туристичного продукту на ринку послуг об'єктів відпочинку. Оптимальне значення величини рекреаційного потоку відпочиваючих повинно відповідати умові максимального задоволення потреб відпочиваючих. Для прогнозування територіального розподілу рекреаційного потоку автором розроблено метод імітаційного моделювання, суть якого полягає у визначенні оптимальних величин прогнозу рекреаційних потоків способами математичного, графічного

і комп'ютерного моделювання розвитку територіально-просторової структури мережі об'єктів відпочинку. Математичні співвідношення дозволяють встановити розподіл людських, природних, фінансових та інвестиційних можливостей територій освоєння, раціонального їх використання з метою збереження природних ресурсів і задоволення потреб відпочиваючих.

Принцип «створення інноваційних об'єктів» передбачає проектну реалізацію нових архітектурних форм як рекреаційної, так і житлової забудови, а також сучасних закладів обслуговування, з урахуванням гірських умов. Цей принцип передбачає створення нових об'єктів та різноманітних видів діяльності під назвою «Apres-Ski», тобто структурних складових та додаткових видів відпочинку у межах гірськолижних комплексів, які забезпечують організацію дозвілля відпочиваючих поза активними спортивними заняттями (лижі, ковзани, сани тощо). Більшість з цих об'єктів є інноваційними для української практики – це «Snow-Park» (сніговий парк), «Bicycle Park» (траси для гірських велосипедів), «Skate Park» (парк з фігурами для скейтборду) тощо, а також передбачається створення відповідних умов для таких видів сучасних розваг, як «paragliding» (параглайдинг або парапланеризм), «rafting» (рафтинг), «ski-tour» (скитуринг) тощо. За цим принципом проектується також «apart-hotels», садиби зеленого туризму, пристосування скансенів (швед.-Skansen) – етнографічних комплексів для прийому відпочиваючих.

До принципів локального застосування відносяться принципи «просторово-басейнового освоєння» (рис.1), «формування ядерно-осьової структури» та «каскадності розміщення об'єктів будівництва».

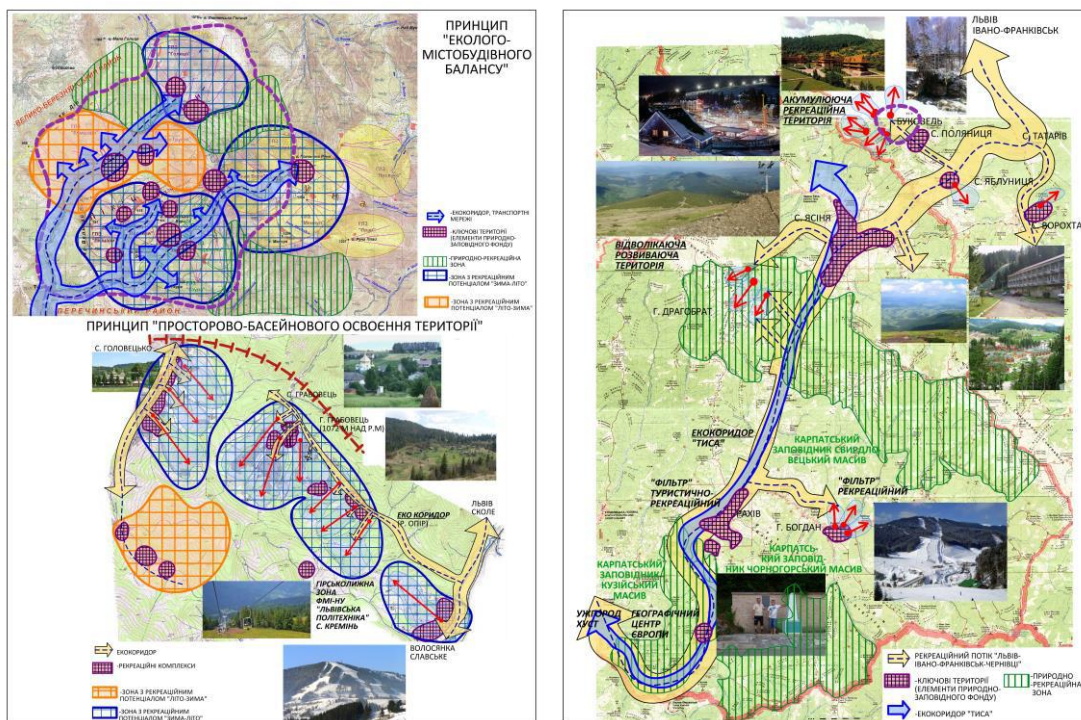


Рис. 1. Принципи просторового розвитку гірсько-рекреаційних утворень Карпатського регіону.

**Результати та обговорення.** Планувальна структура як мереж гірських рекреаційних територій, так і окремих їх ділянок повинна формуватись з урахуван-

ням прогнозів розвитку та функціонального зонування території, що досліджується або проектується, та варіантів містобудівних вирішень з метою резерву-



вання територій для перспективної реалізації завдань еколого-рекреаційної діяльності. Основні структурні елементи рекреаційних мереж (систем), що створюються у групових формах розселення, – це зони короточасного відпочинку, комплекси закладів санаторного лікування та стаціонарного відпочинку, туристичні центри, природні та ландшафтні парки, пам'ятки природи тощо, а також населені пункти, які спеціалі-

зуються на обслуговуванні рекреаційного господарства [7].

**Висновок.** Таким чином, взаємовідносини між різними територіальними утвореннями – містобудівними, екологічними, рекреаційними тощо, відображаються, як правило, у планувальних моделях, у яких сконцентровано ідейну сутність створення тієї чи іншої складної структури.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Основополагающие принципы устойчивого пространственного развития Европейского континента и меры по их реализации: Материалы пятой конференции «Окружающая среда для Европы». Киев, 2003.
2. Білоконь, Ю.М., 2001. Типологія містобудівних об'єктів. Навчальний посібник. К.: Укрархбудінформ.
3. Фомин И.А., 1980. К вопросу выделения таксономических единиц с целью рекреационного районирования территории СССР. Респуб. межвед. сб. Градостроительство. Теория и практика курортно-рекреационного строительства, 28, с.19-22.
4. Панченко, Т.Ф., 2015. Ландшафтно-рекреаційне планування природно-заповідних територій. К.: Логос.
5. Максимов, О.Г. та Ополовникова, Е.А., 1981. Горно-рекреационные комплексы. М.: Стройиздат.
6. Габрель, М.М., 2002. Методологічні основи просторової організації містобудівних систем (на прикладі Карпатського регіону України). Доктор техн. наук. Київський національний університет будівництва і архітектури.
7. КиевНИИПГрадостроительства, 1984. Руководство по формированию курортно-рекреационных систем. М.: Стройиздат.

#### Principles of spatial planning of mountain recreational territories in the Ukrainian Carpathians

**H. M. Shulha**

**Abstract.** The regularities of the functional and territorial development of recreation in the Ukrainian Carpathians are considered: balance, competitiveness of the industry, stimulation of territorial communities to the development process, ensuring accessibility of recreational resources, etc. The basic principles of spatial formation of recreational territories in mountainous regions, such as "ecological and urban-planning balance", "differentiation of recreational flows" and local principles are proposed: "creation of innovative objects", "spatial-basin development", "formation of nuclear-axial structures" and "cascade of placing of construction objects".

**Keywords:** "ecological and urban planning balance", "differentiation of recreational flows", "creation of innovative objects", "spatial-basin approach to territorial development", "formation of nuclear-axial structure", "cascade of accommodation of construction objects".

#### Принципы пространственного планирования горных рекреационных территорий в Карпатском регионе Украины

**Г. М. Шульга**

**Аннотация.** Рассмотрены закономерности функционально-территориального развития рекреации в Украинских Карпатах: сбалансированность, конкурентная способность отрасли, стимулирование территориальных общин к процессу развития, обеспечение доступности рекреационных ресурсов и тому подобное. Предложены основные принципы пространственного формирования рекреационных территорий в условиях горных районов, как-то «эколого-градостроительного баланса», «дифференциации рекреационных потоков», а на локальном уровне – принципов: «создание инновационных объектов», «пространственно-бассейнового освоения», «формирование ядерно-осевой структуры», «каскадности размещения объектов строительства».

**Ключевые слова:** «эколого-градостроительный баланс», «дифференциация рекреационных потоков», «создание инновационных объектов», «пространственно-бассейновый подход к территориальному освоению», «формирование ядерно-осевой структуры», «каскадность размещения объектов строительства».

## Характеристика наявних господарських територій одеси, що втратили свої основні функції

Т. Ф. Панченко, С. С. Сторожук

Кафедра «Ландшафтної архітектури» Київського національного університету будівництва та архітектури, м. Київ, Україна  
Кафедра містобудування Одеської державної академії будівництва та архітектури, м. Одеса, Україна  
Corresponding author. E-mail: mesvet@ukr.net, panchenko.knuba@gmail.com

Paper received 29.10.17; Revised 06.11.17; Accepted for publication 10.11.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-02>

**Анотація.** У дослідженні визначена проблема існування депресивних господарських територій у приморських містах. Проведено науковий аналіз промислових прибережних зон міста Одеси, на основі якого були виявлені депресивні господарські території, що втратили свої основні функції; зроблена їх характеристика, розглянуті причини та передумови їх появи.

**Ключові слова:** приморські міста, прибережна зона, депресивні господарські території, реорганізація, реновація, типологія, рекреаційні комплекси.

**Вступ.** Для більшості приморських міст характерні загальні риси розміщення громадської, житлової і промислової зон в планувальній структурі міста, обумовлені спільністю соціально-економічного розвитку та природного ландшафту. Значні ділянки промислової забудови займають прибережні території і своїм протяжним фронтом закривають виходи до акваторії сельбищних районів. Одним з яскравих прикладів для вивчення депресивних господарських територій приморських міст є Одеса. Промислові зони міста в загальній протяжності займають близько 33% берегового фронту (10 км). Через особливості лінійно-смугової планувальної структури у цих умовах найбільш гостро стоять питання, пов'язані з розміщенням промисловості на цінних прибережних територіях – соціальні, екологічні, архітектурно-композиційні, транспортні та інші. Виникнення депресивних господарських територій виявляється не тільки на прибережній смузі міста, а й поширюється на центральну і західну частини, а також на прибережну зону Хаджибейського та Куяльницького лиманів (північно-західна частина Одеси).

**Аналіз літературних даних та постановка проблеми.** Наявність багатофункціональних господарських територій у межах прибережної зони – є проблемою багатьох приморських міст. Цій проблемі присвячена низка наукових робіт: С.Х. Баймуратова, Т.І. Задворянської, К.В. Лазарева, І.М. Лобова, Ю.В. Лубенченко, Н.Н. Сініциної, А.І. Соколова, І.І. Соколова, С.С. Фролова, М.К. Шолуха та інших. Містобудівному розвитку і планувальній організації приморських міст на території України присвячено наукові роботи на прикладах Азово-Чорноморського узбережжя таких вчених, як – О.Є. Богомолів, В.Л. Глазирін, А.М. Давидов, І.І. Іонов, І.О. Лавлинська, А.Г. Омшанська, В.М. Онищенко, О.Ю. Пантюхіна, Т.Ф. Панченко, В.В. Сідорова, С.В. Шешукова, Н.М. Яременко.

Актуальність даного дослідження обумовлена необхідністю всебічного вивчення даної проблеми та впровадження нових рекреаційних функцій на депресивних господарських земельних ділянках, у зв'язку з існуючими недоліками містобудівного освоєння приморських міських територій. Вивчення вітчизняного та зарубіжного досвіду реновації та містобудівної адаптації господарських територій для рекреаційних функцій дозволить знайти алгоритм удосконалення методів використання депресивних господарських територій як міста Одеси, так і країни в цілому, а також визначити єдиний методичний підхід до адекватної оцінки і вибору оптимальних засобів збереження об'єктів індустріальної спадщини.

**Мета та задачі дослідження.** Мета дослідження – виявити та охарактеризувати наявні господарські території Одеси, що втратили свої основні функції.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі задачі:

- виявити та надати перелік наявних господарських територій міста Одеси, що втратили свої основні функції, а також охарактеризувати деякі з них;
- обґрунтувати доцільність нового рекреаційного використання досліджуваних об'єктів.

### Виклад основного матеріалу

**1. Функціональне зонування міста Одеси.** Місто Одеса відповідно до його територіально-планувального розвитку і господарської структури належить до типу «портово-промислових» міст з розвиненою курортно-рекреаційною функцією. Спочатку Одеса розвивалася як місто-порт і торговий центр на величезній території, але вже до кінця 19 століття Одеса перетворюється з портово-торгового у промислово-торгове місто з портом [1, 3]. Протягом років розвиток її промислових зон відбувався на периферії міста, а також у північній частині Одеського узбережжя; курортно-рекреаційні зони формувалися переважно на півдні з використанням пляжних ресурсів від Чорноморки до Санжейки, а також бальнеологічних ресурсів Аркадії. Промислові зони міста, розташовані вздовж узбережжя, сьогодні займають близько 10 км або 33% від загальної протяжності берегової лінії Одеського узбережжя, перебиваючи вільний доступ населення житлових районів до берега Чорноморської затоки (рис. 1).

Дані наведені на «Схемі функціонального зонування міста Одеси» свідчать про те, що виробничі, складські та сільськогосподарські території складають понад 40% території міста, що з одного боку порушує баланс співвідношення з іншими видами землекористування, а з другого – приховано значні території нецільового використання, у тому числі і депресивні ділянки.

Відповідно до статистичних показників основу містобудівної бази Одеси складають такі сфери діяльності, як торгівля, металообробка, нафтопереробка, машинобудування, виробництво ліків і продуктів харчування, наука і освіта, санаторно-курортне лікування та пляжний відпочинок, круїзний туризм [2]. Розподіл трудових ресурсів Одеси свідчить про існування «трудового потенціалу» для розвитку рекреаційної сфери, що важливо при перспективному освоєнні депресивних територій. Аналіз проектної документації, натурні обстеження, результати анкетування дозволили авторам встановити, що в межах території Одеси, її промислових та інших функціональ-

них зон (складських, сільськогосподарських тощо) за останній час створилась мережа депресивних господарських територій, які виникли не тільки на прибережній території міста (район «Пересип»), але і поширились на його центральну і західну частини, а також на прибережну зону Хаджибейського та Куяльницького лиманів

(північно-західна частина Одеси, Суворовський район).

Для визначення обсягів земельних ресурсів, які охоплюють депресивні господарські території міста Одеси, було проведено детальні натурні обстеження понад 8 об'єктів, території яких знаходяться у занедбаному стані.

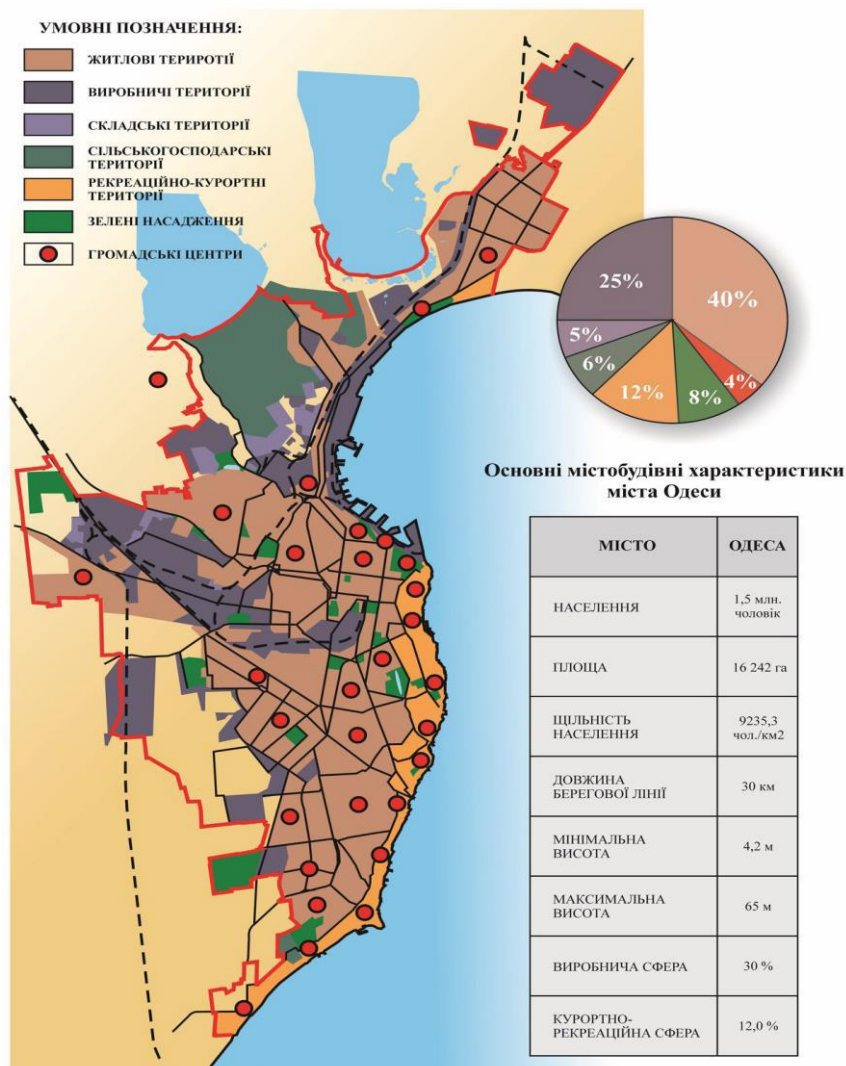


Рис. 1. Схема функціонального зонування міста Одеси

**2. Господарські території міста Одеси, що втратили свої основні функції.** Одним із місць, де сконцентровано проблеми необхідного використання депресивних територій, є Одеська «Пересип» – велика промзона, що розтягнута вузькою смугою між берегом моря і полями зрошення, яку відділяє від центральної частини міста великий житловий масив ім. Котовського.

Сьогодні в цій промзоні значна частина старих промислових підприємств не працює; їх території та цехи частково репрофілюються під інше виробництво або в офісно-торгові приміщення. Деяка частина з них поступово перетворюється на руїни (наприклад, автоскладальний завод) або знаходиться у процесі руйнування (Одеська ТЕЦ), тому реабілітація та реновація депресивних господарських територій Одеси є першочерговим завданням і вимагає спеціальних наукових методичних розробок щодо їх ефективного використання і поліпшення санітарно-екологічного стану міського середовища [3, 4, 5].

Для більш докладного вивчення обширних ділянок депресивних господарських територій, авторами розгля-

нуто деякі з них, дані по яким узагальнено і представлено на рис. 2 [6, 7, 8, 9].

**1. Жевахова гора**, розташована у північній частині Одеської бухти, між гирлами двох лиманів – Хаджибейського і Куяльницького, являє собою археологічну пам'ятку, відому з кінця XVIII століття; у минулому «Жевахова гора» – античне селище, нині – археологічний об'єкт, житловий район, промзона;

**2. Поля зрошення і фільтрації** – мережа замулених і зарослих очеретом каналів міської очисної системи, куди надходять стічні води з центру міста;

**3. М'ясокомбінат**, що знаходиться у районі «Пересип», має вихід до прибережної зони Чорного моря через територію заводу «ЗОР – Одесльмаш»;

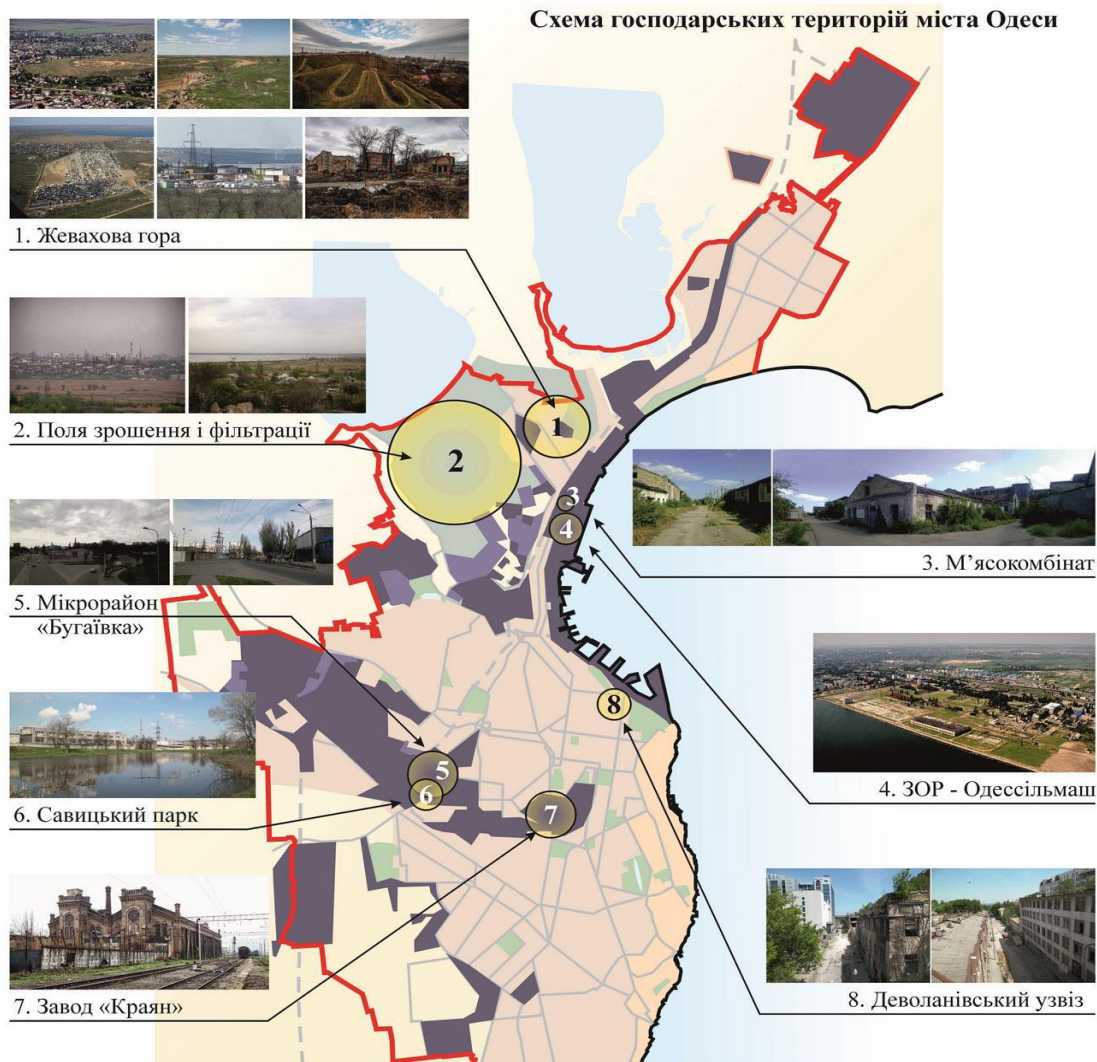
**4. ЗОР – Одесльмаш**, бувший промисловий гігант у районі «Пересип», який має безпосередній вихід до моря;

**5. Мікрорайон «Бугайвка»**, розташований в центральній частині Одеси, у межах території якого знаходяться об'єкти, що не використовуються за своїми функціями, а їх ділянки відносяться до категорії депресивних;

6. **Савицький парк**, розташований у промзоні «Бугаївка» – є єдиним озеленим масивом та зоною відпочинку для населення промислового району;

7. **Завод Краян**, розташований у центрі міста, неподалік від одеського залізничного вокзалу;

8. **Деволанівський узвіз**, розташований в історичному центрі Одеси.



Порядковий номер, №	Назва території	Площа, (S) га	Існуюче використання території
1	Жевахова гора: - Авторинок «Куюльник»; - Цегляний завод «Більшовик»; - Пункти населення «Більшовик», «Котовка»	200	- занедбана територія, звалище; - авторинок, ремонтні майстерні, магазини, склади; - занедбана територія; - занедбана територія
2	Поля зрошення і фільтрації	950	- занедбана територія, звалище
3	М'ясокомбінат	17	- автостоянка для фур, склади
4	ЗОР - Одессільмаш	62	- склади
5	Виробничі підприємства мікрорайону «Бугаївка»	280	- заводи, індивідуальні цехи, склади; - гіпермаркети, овочеві бази; - офіси
6	Савицький парк (парк культури і відпочинку ім. Ленінського Комсомолу)	26,7	- паркова зона в занедбаному стані
7	Завод «Краян»	22,5	- занедбана територія, звалище, склади, індивідуальні цехи
8	Деволанівський узвіз (промислові споруди)	3	- занедбана територія, звалище; - гаражі
	Загальна площа	1561,2	

**Рис. 2.** Схема розташування депресивних господарських територій у Одесі

Таким чином, аналіз територій господарського призначення, які втратили свої функції в умовах міста Одеси, показав, що натурні обстеження та дослідження тільки 8 з багатьох інших ділянок депресивних територій Одеси, дозволять передбачити нове рекреаційне використання загальної площі понад – 1560 га, що складає (об'єкти з ділянками) майже 10% від загальної території міста Одеси і є великим територіальним резервом його рекреаційного розвитку. Попередні розрахунки, здійснені авторами, свідчать про те, що перспективні функції цих територій за умов їх реабілітації, реконструкції та сана-

ції можуть бути: для задоволення житлових потреб близько 3% території; для організації рекреації – 4%; для нових виробничих підприємств близько 3% території. Найбільш цінними для використання є господарські території, що знаходяться у прибережній смузі моря, які доцільно передбачити: для рекреації – 0,5% території; на ділянках, наближених до курортів – 1,5%; у центральній частині міста – до 1% і на периферійних територіях – до 1%, що вимагають поліпшення екологічного стану.

**3. Аналіз Нового Генерального плану Одеси.** Для підтвердження даних висновків авторами було проаналі-



зовано новий Генеральний план Одеси, який був затверджений у березні 2015 року (рис. 3).

Згідно нової містобудівної концепції в найближчі десять років у місті Одеса передбачено будівництво нового житла (близько 150 тис. квартир) і освоєння вільних територій – «Поля зрошення», район "Шкільного" аеродрому, «Шкодову гору»; запланована комплексна реконструкція районів «Молдаванки», «Бугаївки», «Сахалінчика» тощо. Центральна історична частина міста і Французький бульвар залишаться не пошкоджене. Генпланом передбачено сценарій розвитку Одеси як багатофункці-

онального ділового та туристичного центру; в структурі виробничого комплексу в найближчі 15-20 років має скоротитися частка хімічної та нафтохімічної промисловості, металургії та металообробки, при цьому зросте частка виробництва будматеріалів – все це забезпечує перспективний розвиток рекреації; існуючі зелені насадження, які займають понад 740 га, будуть збережені, крім того, з'являться нові озеленені площі понад 900 га – наприклад, парк «Ювілейний» на приморських схилах, парки «Хаджибейський», «Аеропортовський» і гідропарк «Куяльницький» [10].



Рис. 3. Новий Генеральний план Одеси

(1. Жевахова гора; 2. Поля зрошення і фільтрації; 3. М'ясокомбінат; 4. ЗОР – Одессільмаш; 5. Мікрорайон «Бугаївка»; 6. Савицький парк; 7. Завод Краян; 8. Деволанівський узвіз).

Таблиця 1. Перспективний розвиток досліджуваних депресивних територій міста Одеси

№	Назва території	За генпланом	За пропозиціями
1	Жевахова гора	Історико-археологічний парк – музей, виставковий комплекс, супермаркет, туристичне містечко	Історико-археологічний парк – музей; розважальний культурний комплекс для проведення міжнародних фестивалів, виставок; туристичне містечко
2	Поля зрошення і фільтрації	Зоопарк, культурно-розважальний центр, дитячий парк типу «Діснейленд», ресторани, виставково-торговельний центр, готельний комплекс, спорткомплекс, кінний клуб тощо.	Музей – парк ландшафтного і архітектурного мистецтва під відкритим небом, туристичне містечко; спортивно-оздоровчий центр водного туризму
3	М'ясокомбінат	Виставково-торговельний та розважальний центр	Багатофункціональний культурний парк розваг; технологічний парк (технопарк)
4	ЗОР – Одессільмаш	Багатофункціональні офісні центри, ресторани, готельний комплекс, універсальний спортивно-видовищний комплекс	
5	Мікрорайон «Бугаївка»	Багатофункціональні офісні центри, виставково-торговельні та розважальні центри, дійсні промислові підприємства	Сучасне ділове місто: інноваційно-виробничі підприємства, багатофункціональні офісні центри, спортивно-оздоровчі комплекси, виставково-торговельні та розважальні центри
6	Савицький парк	Паркова зона	Паркова зона ландшафтного і архітектурного мистецтва
7	Завод «Краян»	Культурно-розважальний центр, універсальний концертний зал, автотранспортне підприємство	Культурно-розважальний центр сучасного мистецтва; паркова зона ландшафтного мистецтва
8	Деволанівський узвіз	-	Готельні комплекси з рекреаційними зонами відпочинку на дахах будівель

**Обґрунтування результатів дослідження.** Відповідно до рішень генерального плану Одеси та наукових пропозицій даного дослідження прийнято, що визначені депресивні території, які вивчаються можуть бути перепрофільовані відповідно до нового функціонального використання (табл. 1).

Узагальнюючі дані наведені у табл. 1, можна дійти таких висновків:

- характер нового функціонального використання депресивних ділянок території міста залежить від містобу-

дівної ситуації їх розміщення (у прибережній зоні, у історичному центрі, на периферії тощо);

- типологічна структура нових об'єктів на депресивних ділянках повинна мати зв'язок і відповідати потребам оточуючого міського середовища (відсутність озелених територій, спортивно-оздоровчих центрів, місць короткочасного відпочинку тощо);

- планувальні особливості нових комплексів на депресивних територіях (житлових, рекреаційних, ландшафтних) повинні бути узгоджені з історичними харак-

теристиками місцевості (археологічні об'єкти, пам'ятки промислової спадщини тощо) за принципом дотримання архітектурно-містобудівної спадкоємності.

**Висновки.** Досліджено характеристики наявних господарських територій міста Одеси, які втратили свої основні функції, на прикладах 8 депресивних ділянок із застосуванням методів натурних обстежень, аналізу проектної документації та узагальнення результатів експертного опитування. Встановлено, що вони займають понад 1560 га (10% території Одеси), деякі з них знаходяться на прибережній території міста («М'ясокомбінат», «ЗОР – Одесільмаш») та на прибережній території Хаджибейського та Куяльницького лиманів, які є найбільш цінними для нового рекреаційного використання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. Одеса. Остання зміна цієї сторінки: 2:03, 12 листопада 2014. Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Онищенко В. М. «Містобудівні принципи приморських міст (в умовах Азово-Чорноморського регіону)». Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури. Київ – 2010.
3. Кобзарь Н.В. Дикарь и пуццолана. Очерки по истории одесской промышленности / Н.В. Кобзарь. – Одесса: «Оптимум». – 2004, – 226с., ил.
4. «Одесса свысока: Слободка, Пересып, индастриал и море». Новини, 15 червня 2012 року, «Думская». Режим доступу: <http://dumskaya.net/news/odessa-svysoka-slobodka-peresyp-industrial-i-mor-020495/>
5. Гончарук, Г. И. Историография одесских фабрик и заводов: Монография: К 210-й годовшине Одессы / Г. И. Гончарук, А. Е. Нагайцев; – Одесса: Астропринт, 2004. – 216 с., 500 экз. – На русском языке.
6. Сергей Ляшонок. Погибший «Большевик»: фотоотчет из затерянного мира, статья. Раздел: Фото, 8 января 2013г. Таймер. Режим доступа: <http://timer-odessa.net/72078>
7. Елена Удовиченко. Что осталось от заводов: Одесский беспризорный (фото), статья. Раздел: Город. Выпуск: 47 (2013), 2013.11.22. Информационный городской портал: Одесская жизнь. Новости Одессы и одесской области. Режим доступа: <http://odessa-life.od.ua/article/4231-chto-ostalos-ot-zavodov-odesskii-besprizornyi-foto>
8. Александр Левицкий, Дмитрий Шаматажи. Краян. История [Э. ресурс] / Архитектура Одессы, 1794-2014. Режим доступа: <http://archodessa.com/all/krayan-history/>
9. «Деволановский спуск», статья. Раздел: Улицы в истории Одессы, Проект «Чисто Одесский сайт». Режим доступа: <http://odesskiy.com/ulici-v-istorii/devalanovskij-spusk.html>
10. Генеральный план города Одессы [Электронный ресурс] / Генплан Одессы / Актуально / Главная. Официальный сайт города Одесса. Режим доступа: <http://omr.gov.ua/ru/essential/69324/>

#### REFERENCES

1. WikipediYA. Vil'na entsyklopediya. Odesa. Ostannyya zmina tsiyeyi storinky: 2:03, 12 lystopada 2014. Rezhym dostupu: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Onyshchenko V. M. «Mistobudivni pryntsy pyrimors'kykh mist (v umovakh Azovo-Chornomors'koho rehionu)». Dysertatsiya na zdobuttya naukovoho stupenya kandydata arkhitektury. Kyyyiv – 2010.
3. Kobzar' N.V. Dykar' y putstsolana. Ocherky po ystorry odesskoy promyshlennosty / N.V. Kobzar'. – Odessa: «Optimum». – 2004, – 226s., yl.
4. «Odesa svysoka: Slobodka, Peresyp', yndastryal y more». Novyny, 15 chervnya 2012 roku, «Dumskaya». Rezhym dostupu: <http://dumskaya.net/news/odessa-svysoka-slobodka-peresyp-industrial-i-mor-020495/>
5. Honcharuk, H. Y. Ystoryohrafiya odesskykh fabryk y zavodov: Monohrafiya: K 210-y hodovshchynе Odessy / H. Y. Honcharuk, A. E. Nahaytsev; – Odessa: Astroprynt, 2004. – 216 s., 500 ékz. – Na russkom yazyke.
6. Serhey Lyashonok. Pohybshyy «Bol'shevyk»: fotootchet yz zateryannoho myra, stat'ya. Razdel: Foto, 8 yanvarya 2013h. Taymer. Rezhym dostupa: <http://timer-odessa.net/72078>
7. Elena Udovychenko. Chto ostalos' ot zavodov: Odesskyy bespryzorny (foto), stat'ya. Razdel: Horod. Vypusk: 47 (2013), 2013.11.22. Ynformatsyonny horodskoy portal: Odesskaya zhyzn'. Novosty Odessy y odesskoy oblasti. Rezhym dostupa: <http://odessa-life.od.ua/article/4231-chto-ostalos-ot-zavodov-odesskii-besprizornyi-foto>
8. Aleksandr Levytskyy, Dmytryy Shamatazhy. Krayan. Ystoriya [E. resurs] / Arkhytektura Odessy, 1794-2014. Rezhym dostupa: <http://archodessa.com/all/krayan-history/>
9. «Devolanovskyy spusk», stat'ya. Razdel: Ulytsy v ystorry Odessy, Proekt «Chysto Odesskyy sayt». Rezhym dostupa: <http://odesskiy.com/ulici-v-istorii/devalanovskij-spusk.html>
10. Heneral'nyy plan horoda Odessy [Elektronnyy resurs] / Henplan Odessy / Aktual'no / Hlavnaya. Ofytsyal'nyy sayt horoda Odessa. Rezhym dostupa: <http://omr.gov.ua/ru/essential/69324/>

#### Characteristics of existing economic areas of odessa, which lost their main functions

**T. F. Panchenko, S. S. Storozhuk**

**Abstract.** In the research the problem of existence of depressive economic territories in coastal cities is designated. A scientific analysis of industrial coastal zones of the city of Odessa was carried out, on the basis of which depressive economic territories were discovered that lost their basic functions, their characteristics were made, the causes and prerequisites for their appearance were considered.

**Keywords:** coastal cities, coastal zone, depressive economic areas, reorganization, renovation, typology, recreational areas.

#### Характеристика существующих хозяйственных территорий одессы, которые потеряли свои основные функции

**Т. Ф. Панченко, С. С. Сторожук**

**Аннотация.** В исследовании обозначена проблема существования депрессивных хозяйственных территорий в приморских городах. Проведен научный анализ промышленных прибрежных зон города Одессы, на основе которого были обнаружены депрессивные хозяйственные территории, которые потеряли свои основные функции; сделана их характеристика, рассмотрены причины и предпосылки их появления.

**Ключевые слова:** приморские города, прибрежная зона, депрессивные хозяйственные территории, реорганизация, реновация, типология, рекреационные комплексы.

## CHEMISTRY

### Problem analysis and systematic approach in teaching discipline "Chemistry" for the integral scientific and professional training of engineers

A. V. Pidgorny, T. I. Duda\*, O. K. Nahorna

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

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

Paper received 06.12.17; Revised 12.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-03>

**Abstract.** The paper analyzes the problems of low efficiency of students' educational work over the discipline "Chemistry" and considers the principles of modernizing educational activities and the task of engineering education reforming. The relationship of fundamentalism of graduates education with requirements of high-tech labor market is shown. The role of interdisciplinary connections in the training of highly skilled specialists for new branches of science and technology, which is formed on the basis of a combination of achievements in natural sciences: chemistry, physics, mathematics, biology, is considered.

**Keywords:** *chemistry, engineering skills, professional competencies.*

**Introduction.** Improving the quality of education, achieving its level of conformity with the actual and prospective needs of society, state and personality is a priority task of educational policy of Ukraine at the present stage. Higher education in Ukraine over the past 10 years has been implementing significant steps for integration into the European educational space. National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", as one of the leading technical universities in Ukraine, is working hard to implement an effective system of quality management of future specialists training for the country's economy. One of the main tasks of the higher educational institution in accordance with the new realities is the formation of such joint educational and scientific environments in which the educational component would fill the scientific sphere, and a high-tech labor market would be enriched by talented young people from whom future scientists, production and business managers will grow.

**Literature review.** Modernization of the national education system should be based on the continuous development of the educational system. In the same time, the main task of educational policy is to provide modern education quality based on its fundamental and compliance with relevant provisions of the documents relating to changes in education for sustainable development [1,2].

In this case, the modernization of educational activities should be carried out in accordance with the following principles:

- the unity of the educational space, the parity of education and training, the integration of science and education, academic freedom;
- a combination of connection between education, research and business;
- improving the quality of education through its internationalization;
- practical orientation of university courses to the requirements of labor markets;
- unity and consistency of education levels - "education through life".

Thus, the main task of reforming education is the creation of conditions and the graduation of specialists with fundamental natural science training, original thinking, ability to work in a multicultural environment, capability

of providing innovative development of society and business.

The transition of the higher education system of Ukraine to the new educational standards has changed the purpose of the training of graduates of higher educational institutions (HEIs). Currently, the goal of training is the formation of a certain set of general cultural and professional competencies of students. The result of the university education is the competence of its graduates (possession of a list of specified competencies). Individual competence is a complex integral object, which is a dynamic combination of knowledge, skills and personality traits of the subject of educational activity. Formation of the competence of a specialist and the preservation of the disciplinary organization of the educational process are the consequences of a holistic assimilation of the personality of a particular educational branch [3].

According to the results of analytical forecasts of the leading scientific centers of the world (Oxford University, International Council for Science), the most demanded in the labor market will be experts in the field of alternative energy, heat engineering, energy conservation, chemistry, biotechnology, pharmacy, medical engineering, specialists in the field of new materials and nanotechnologies, nanoelectronics, environmental protection, aerospace technology.

However, during the last decades, the issue of the prestige of engineering professions is not sufficiently discussed. Educational priorities have recently focused on issues of general humanitarian problems (history, philosophy, political science, journalism) and on issues of economics, finance, banking, trade, and management and marketing issues. And the issue of the chemical component of engineering education was not considered at all.

**Goals.** The aim of this study is to identify the causes that lead to poor performance of students on educational discipline "Chemistry" and to develop areas of modernization of educational activities to improve the quality of engineering education.

**Methods.** The study analyzes the data of the studies of students of Instrumentation Engineering, Heat and Power Engineering, Biomedical Engineering faculties, faculty of



Aerospace Systems of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" on the discipline "Chemistry" on the 1<sup>st</sup> course of studies at the university. The study covered about 1,200 students in three years.

The official data of the Ministry of Education and Science of Ukraine on the results of the testing of secondary school graduates from the level of mastering the school curriculum was analyzed.

We used the results of evaluation of the entrance level of knowledge of students of the 1st course of engineering specialties. Five teachers of the Department of General and Inorganic Chemistry did the evaluation.

The data of employers' feedback on the quality of NTUU "Igor Sikorsky KPI" graduates, which was taken by the Ukrainian non-governmental social organization "Socio+", was analyzed.

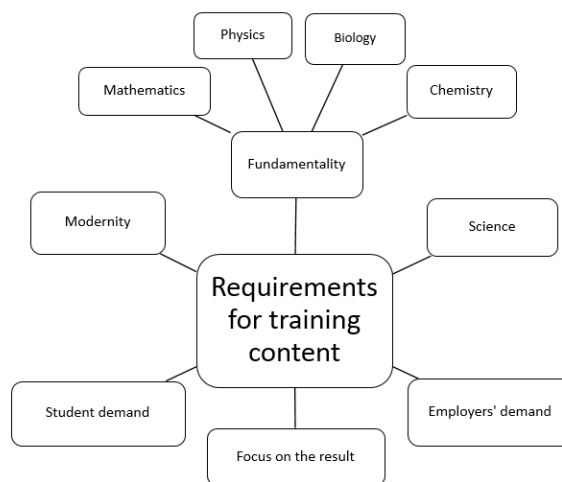
**Results and discussion.** In accordance with the "Law on Higher Education", implementation of the mechanism of sustainable development of the Ukrainian system of technical education becomes urgent. The main and determining factor in implementing such an approach is to ensure the quality of education based on preserving its fundamental and educational relevance to the actual and future needs of the individual, society and the state.

Training of specialists in three cycles (Bachelor - Master - PhD) leading Ukrainian higher educational establishments carry out by optimized curricula, the filling of which by educational disciplines is due to the developed conceptual, methodological foundations of a new generation of industry standards of higher education. These industry standards are based on a competent approach, taking into account the trends in the nature of work and the requirements for the competence of specialists and the world practice of the formation of educational programs (nomenclature, structure, content) while preserving the best traditions of Ukrainian education (fundamental, practical orientation, etc.).

At the same time, work on modernization is carried out taking into account the following basic principles of educational activity: unity of educational space; parity of education; integration of education and science; academic freedom; unity and consistency of education levels - "education during the life"; balance of interests of the main participants in the educational process - students, teachers, employers and founders; openness (transparency) of education to society. Therefore, the main task of the reform of engineering education is the creation of conditions and the graduation of specialists who have independent critical creative thinking capable of professional growth and professional mobility in the conditions of informatization and internationalization of society and the development of science-intensive technologies capable of solving complex problems of innovative development.

In modern realities, learning is a process that forms a personality. Getting the first higher education gives the student the opportunity to combine the desire to become a specialist with what he wants to learn and how this knowledge is applied. Schematically, the requirements for the content of training are presented in Figure 1 [5]. Requirements to the educational process in terms of the quality of training engineers provided by reformatting curricula in accordance with educational and professional

standards. Such training programs should take into account the requirements of employers in relation to the sectoral engineering training of specialists demanded today by the Ukrainian economy and, at the same time, provide the fundamental and scientific training.



**Figure 1.** Schematic representation of the requirements for the content of training

During its existence, chemistry always helped and continues to help people with its practical activities. Without chemistry it is impossible to develop a fuel and energy complex, metallurgy, transport, electronics, communication, construction, sphere of life etc. First of all, it means, formation of a sufficient level of chemical culture of future engineers. Each specialist, be it a device engineer, machine builder, heat engineer, as well as a specialist in the field of biomedical engineering, microelectronics, should at least have some knowledge about the chemical components of their activities that contribute to its intensification or at least rationalize the results of work.

A characteristic feature of modern scientific research is to eliminate the distinction between conventional research. On the contrary, when solving problems in the sphere of material production it is necessary, while describing the processes and assessing the properties of structural materials, to apply physical views on the nature of phenomena in combination with the fundamental principles of chemical knowledge, and to be able to ensure compliance with environmental requirements in their implementation. It is also clear that the description of the physical and chemical processes carried out during the operation of technical devices or in the work of closed production cycles requires an engineer of a sufficiently developed level of chemical and mathematical knowledge necessary for analyzing the stages of the investigated processes, developing practical recommendations for solving their optimization problems. The solution of the tasks of disciplines of specialized training is possible only with the wide application of methods and principles of mathematical modeling, physical methods of research, while involving the system of views of modern chemical science, acquired by the student during the first year of study [4].

Taking into account the above, it is clear that the indisputable fact is that the fruitful activity of future engineers in various fields of industry and science is impossible

without mastering the system of fundamental chemical knowledge.

However, ensuring the qualitative training of engineers within the framework of technical training programs is greatly complicated by the growing gap between the level of training of graduates of Ukrainian schools and the requirements of higher educational establishments. So, after the introduction of the system of extramural education, more than 60% of graduates of schools with different abilities to study, often with unclear motivation and un-

formed views on their future, are enrolled for studying for the first year of universities.

The level of knowledge of entrants from natural sciences is far from the modern requirements due to the decrease of the quality of school textbooks, the lack of interest of young people in the study of exact sciences and engineering professions. According to the results of entrance examinations in natural sciences, almost half of the first-year students have knowledge at a level below the mediocre [5].

**Table 1.** Comparison of average marks of students' school certificates and average marks of entrance control at the university from the discipline "Chemistry"

Year	2015		2016		2017	
Average score / maximum score	score	index	score	index	score	index
According to a school certificate	8.1/12	0.675	7.3/12	0.61	7.2/12	0.60
The results of entrance control	2.4/5	0.48	2.2/5	0.44	2.1/5	0.42

The analysis of the quality of the training success (based on the results of two exam sessions) among the freshmen of the NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" during the last three academic years (2014-2016) shows that the preparation for mathematics exam with a mark of "excellent" (A) and "good" (B, C) had only 13.6% of students, while 62% of students got low educational results (marks D, E). The presence of such a large proportion of students with a low level of mathematical preparation largely explains the deterioration of the quality of training in credit modules of related disciplines, especially in physics and chemistry [6].

From the discipline "Chemistry" the number of students with the highest score (A, B) is up to 10%. At the same time, the number of students with a lower level of knowledge (D, E) increased by 55%.

Unfortunately, approximately 25% of students were unable to successfully master the necessary knowledge for final semester control simultaneously with several basic disciplines (higher mathematics, physics, computer science, engineering graphics, etc.). The poor performance of this group of students is due to the low level of interest in gaining knowledge, uncertainty in their abilities and inadequate development of skills of independent work and low basic level laid down in secondary school.

The main problems that determine the low effectiveness of the students' work at the first year of studies are as follows. Most students not placed in good faith to implement the planned scope of tasks of independent work (according to modern syllabus credit modules to 50% of loans provided training courses for extracurricular self-study). It is quite clear that in the first months of study, students have not yet adapted to fruitful independent work, which ensures the achievement of a high own learning result. Also, for most students, the typical drawbacks are: poorly formed skills of the use of educational-methodical literature, electronic sources of information; insufficient ability to plan free time; rooted, from the time of studying at the secondary school, the habit of cheating; inability to motivate to answer questions that require logical thinking; lack of skills in creative assimilation of theoretical material and inability to find a solution to practical individual problems using a complex of knowledge of natural sciences; inadequate interest in learning, including due to the uncertainty about future job

placement in the industry in accordance with the received professional qualification.

At the same time, in the technical universities of Ukraine there is an ungrounded tendency towards the process of reducing academic hours for studying the disciplines of the natural sciences cycle, including chemistry, in the curriculum of bachelor's training in technical areas.

In order to preserve the appropriate level of knowledge requirements and establish a solid basic training necessary for successful training in next semesters, lecturers of university make additional efforts to carry out numerical consultations that are necessary to enhance the thinking of freshmen students, to form an understanding of the importance and need for a conscious study of the discipline, control of students' performance of independent tasks. As a result, first-year students on the basis of the ranking system of assessment achieve good results in the second part of the semester, and the index of their implementation of the curriculum is almost 74%.

Thus, the experience of introducing corrective principles of organization of the educational process in Ukrainian technical universities in the context of the Bologna agreements in recent years enables to obtain achievements in the system of organization of qualitative training of engineers, but, at the same time, it is necessary to focus the activities of teachers on the management of such processes as:

- acquisition of new knowledge through the development of students' logical thinking;
- formation of the students' ability to independently solve specific practical problems, the ability to find optimal methods for solving problems;
- development of the ability to analyze in detail the results of research and the ability to obtain an acceptable engineering solution based on the application of known algorithms of the solution, the principles of analogy.

**Conclusions.** It is established that the level of knowledge on the discipline "Chemistry" of high school graduates in Ukraine is too low and cannot serve as a basis for studying the university course. It is necessary to change the content and quality of the school curriculum or to create classes with intensive training in natural sciences.

The main problems, which determine the low efficiency of educational work of students of the first year, are as follows: insufficient motivation of students in performing

of independent work outside the classroom, organizational and motivational inappropriateness to fruitful independent work, poorly formed skills of the use of educational-methodical literature, electronic sources of information; the habit of cheating; inability to motivate to answer questions that require logical thinking; lack of skills in creative assimilation of theoretical material and inability to find a solution to practical individual problems using a complex of knowledge of natural sciences; inadequate interest in learning, including due to the uncertainty about future job placement in the industry in accordance with the received professional qualification.

The tendency towards the process of reducing academic hours for the study of natural sciences, as well as the

abolition of semester examinations in chemistry at most faculties of technical universities, and at some of them - in general, the exclusion of the discipline "Chemistry" from the curriculum, does not contribute to the achievement of the modern scientific level of the fundamental component of the general engineering and special profile training.

The implementation of the modern paradigm of acquiring and realizing knowledge through the hierarchical helix "education - science - innovations - new knowledge in education" can only be provided on the basis of perfect training in fundamental natural sciences, especially in physics and chemistry.

#### REFERENCES

1. Budapest-Viena Declaration on the European Higher Education Area.- URL : [http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/2010\\_conference](http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/2010_conference)
2. 2020 A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Communication of the European Commission 3.32010 № 52010DC2020 [Electronic resource]. Retrieved from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52010DC2020>
3. Intehratsiia v yevropeiskyi osvittinii prostir: zdotuky, prroblemy, perspektyvy : monohrafia / [F.H. Vashchuk ta in.] ; za zah. red. d-ra tekhn. nauk, prof. F.H. Vashchuka; Zakarp. Derzh. Un-t, Navch.-nauk. in-t yevrointehrats. doslidzh., Navch.-nauk. in-tinform. Tekhnolohi. – Uzhorod : [ZakDU], 2011.- 559 s. (in Ukraine).
4. Pidgorny A.V., Nazarova T.M. Fundamentalna pidgotovka bakalavriv u konteksti zabezpechennya rozvytku naukovo-doslidnetskoi strategii ingenernoi osvity // Vyscha osvita Ukrainy u konteksti integratsii do evropeyskogo osvitynogo prostoru.- Dodatok 1 do №5, T. (56). - 2014. - Kyiv; Ukraine, P. 345-351 (in Ukraine)
5. Pidgorny A.V., Nazarova T.M. A Look at the issues of training specialists of higher engineering education//European Humanities Studies.Education and Training- 2016.-Т.ІІ.-S.141-151. Slupsk (in Poland).
6. Yakymenko Yu. I. Stvorennia konkurentnospromozhnoi osvity - vymoga chasu // Kyivskyy politechnik. - №12 (3151). - 2016 (in Ukraine).

**Анализ проблем и системный подход в преподавании дисциплины «Химия» для достижения целостного научно-профессионального обучения инженеров**

**А. В. Подгорный, Т. И. Дуда, О. К. Нагорная**

**Аннотация.** В работе анализируются проблемы низкой эффективности учебной работы студентов над дисциплиной «Химия» и рассматриваются принципы и задачи модернизации образовательной деятельности. Показана взаимосвязь фундаментальности инженерного образования с требованиями высокотехнологичного рынка труда. Рассмотрены роль междисциплинарных связей, качество учебных планов и программ, а также и особенности педагогических подходов в подготовке высококвалифицированных инженеров для новых отраслей науки и техники, которые сформированы на основе сочетания достижений естественных наук: химии, физики, математики, биологии.

**Ключевые слова:** химия, инженерные навыки, профессиональные компетенции.

## ECOLOGY

### Fauna, ecological and morphological characteristics of family *Sididae*, Baird, 1850 (*Crustacea: Cladocera: Ctenopoda*) of Ukrainian Roztocze

O. R. Ivanets

Ivan Franko National University of L'viv, L'viv, Ukraine  
Corresponding author. E-mail: oleh\_ivanets@ukr.net

Paper received 09.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-04>

**Abstract.** On the basis of analysis of modern literature and own data taxonomy, ecological and morphological characteristics of family *Sididae* of Ukrainian Roztocze are presented. 314 tests in 2008–2017 in Ukrainian Roztocze natural region were conducted. The research was conducted on living and fixed materials. In general 283 individuals of genus *Sida* and 157 individuals of genus *Diaphanosoma* had been examined. In reservoirs of the Ukrainian Roztocze *Sida crystallina crystallina* was identified. In the area of Ukrainian Roztocze were indicated three varieties of *Diaphanosoma brachyurum*: *D. b. leuchtenbergianum* Fisher, 1854; *D. b. megalops* Lilljeborg, 1900; *D. b. frontosa* Lilljeborg, 1900.

**Keywords:** zooplankton, *Cladocera*, *Sididae*, Ukrainian Roztocze.

**Introduction.** Roztocze is a transboundary region, it plays an important role in identifying regularities of standard hydroecosystems in the central and Eastern Europe, because on its territory passes a part of the main European watershed.

Here a biosphere reserve UNESCO «Roztocze» is founded which hydrological regime is occurred by the river Vereschycia.

For indicating structural and functional characteristics of hydrobiocenoses, according to recommendations of Directive 2000/60/EC the data of hydroecological monitoring are necessary, which are based on populative-faunistics investigations. At the same time, the regional characteristics of zooplankton groups are insufficiently studied.

**The article aim is** to investigate the faunal and ecological-morphological characteristics of the *Sididae* family, whose representatives play an important role in conducting hydroecological monitoring.

**Material and methods.** Zooplankton coenosis of the impoundments that make up the instream system of impoundment ponds of the river Vereshchitsa in the Ukrainian Roztocze have been studied.

In the upper reaches and in the coastal zone the ponds bed is overgrown with aquatic vegetation, shrubs and scattered trees. Capacity of bottom sediments is 0.3-0.5 m. Significant cause of siltation of these water bodies are the products of ruination of the coast, wave and wind erosion. The water temperature reaches the highest daily values (24-26°C) in July and the first half of August.

Taxonomic analysis of zooplankton groups were carried out using several identification keys [5, 6, 7, 8, 9].

The data were based on 314 gathered samples, collected in the instream ponds during 2008-2017 usually in three seasons: in spring, summer and autumn. Sampling and processing of samples were carried out by common methods in Hydrobiology [16]. For the sampling the Apstein mesh (length of the cone is 55 cm, the diameter of the inlet 25 cm, Cup diameter of 4 cm) had been used. As well for studying the horizons in deep waters the opened-water-sampler of Dr. Franz Ruttner was used. In such cases samples were taken at three horizons of the water column: the surface of the reservoir, middle level, and near bottom level. The collected material was fixed with 4% formaldehyde. For

quantitative processing of the samples the Bohorov's camera had been used.

The Research was conducted on living and fixed materials. In general 283 individuals of genus *Sida* and 157 individuals of genus *Diaphanosoma* had been examined.

The main attention was paid to such signs as sex structure of population, size of individuals, armament of postabdomen and antennas, biotopic delivering and features of the life cycle.

**Results and their discussion.** Zooplankton plays a very important role in the food base for fish, provides processes of water quality formation and bioproduction [2, 4, 8, 9, 10, 11]. We describe, with the use of our own researches and literary sources, faunal and morpho-ecological parameters of the *Sididae* family of Ukrainian Roztocze [1, 2, 5, 11, 12, 13, 14, 15].

The genus *Sida* (Fig.1) belongs to an order *Ctenopoda* and characterized by monotypy. In this genus there are three subgenus: *S. crystallina crystallina* (common in western Palearctic ecozone), *S. c. ortiva* (common in eastern Palearctic ecozone) i *S. c. americana* (common in Nearctic ecozone).

In reservoirs of the Ukrainian Roztocze lives *Sida crystallina crystallina* (O. F. Müller, 1776). Species are well adapted to life among the seaweed. On the dorsal side of *Sida* a special body develops by which organisms are attached to the surface of plants. This provides more effective filtering. The filter apparatus is represented by spikes that develop on the same type is built by six pairs of thoracic limbs. The diet is mainly represented by single-celled organisms and detritus particles. The length of females varies from 1.9 to 4.3 mm.

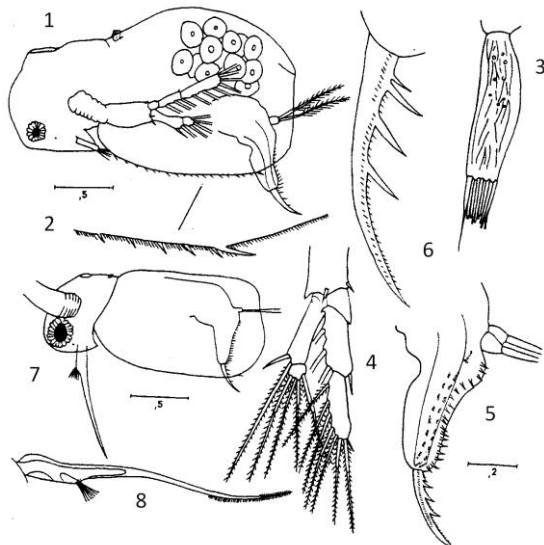
Postabdomen is more than twice as long from abdominal claws, which are proximal to the upper edges are four spikes and small bristles. Postabdomen upper edge of each side bears spikes, the number of which varies from 18 to 22 in each row. The sizes of the male one ranges from 1.6 to 1.7 mm.

The eye of the male is bigger than the female eye. Front antennulas have a long thin flagellus with small hooks on the front edge of the end.

In conditions of the Ukrainian Roztocze species occur primarily in litoral zone of ponds, in floodplains of rivers with slow stream. *Sida* prefers thickets of *Potamogeton*,

young individuals sometimes occur in pelagic zone of reservoirs. The number of eggs in brood pouch varies from 53 to 72. Males and females with ephippium appear in populations in late October and November.

In waters of the Ukrainian Roztocze is registered speice *D. brachyurum* Lievin, 1848 (Fig. 2).



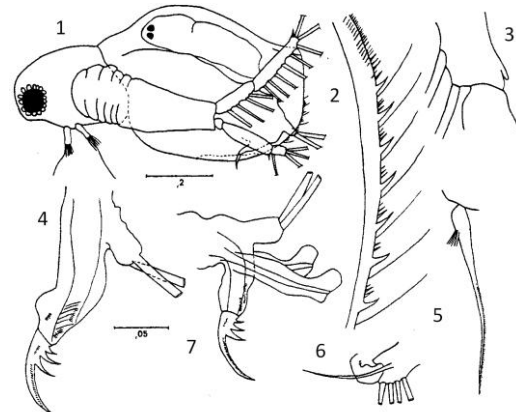
**Fig. 1.** *Sida crystallina* (O.F. Müller, 1776) [8]: 1 – female; 2 – carapace of female, ventral; 3 – antennule of female; 4 – second antenna of female; 5 – postabdomen of female; 6 - postabdominal claw of female; 7 - male; 8 – antennule of male

Female length changes in bounds of 0,71-1,21 mm. They have transparent, colorless shell leaves with high and straight rear edge, convex dorsal and ventral sides. Ventral edge of the leaves is armed with bristles (5-6 in medial part and 6-7 in the dorsal part of leaves, respectively). Between bristles and on the carapace of the rear edge there are numerous spines. Front antennules have a rod base with estetasks and one long bristle. Bristle and spike lie on the basis of rear antennules too, two-parted (top) and three-parted (bottom) branches of which carries 12 and 5 bristles, respectively.

Male length changes in scopes between 0,71 and 0,79 mm. Their front antennules have cylindrical basis, which proceeds into long flagellum, half-immersed into shell leaves. Estetasks are located in the medial part of this basis.

In the area of the Ukrainian Roztocze were indicated three varieties of *D. brachyurum*, judging from studying of features of brain department and organs of vision, namely: *D. b. leuchtenbergianum* Fisher, 1854; *D. b. megalops* Lilljeborg, 1900; *D. b. frontosa* Lilljeborg, 1900. *D. b. leuchtenbergianum* has elongated, narrowed in front part head and long swimming antennules, coming out from rear edge of shell leaves. This variety is the most common. *D. b. megalops* distinguishes with a big eye,

which covers approximately three fourth of front head part. *D. b. frontosa* is characterized by a short, nearly square head with convex bottom edge and comparatively small eye.



**Fig. 2.** *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848) [8]: 1-female; 2 – carapace of female, rear edge; 3 - second antenna of female, first segment of ekzopodyt; 4 – postabdomen of female; 5 – antennule of male; 6 - phyllopods I of female; 7 - postabdomen of male

*D. brachyurum* in the conditions of Ukrainian Roztocze is found in a pelagic and littoral zone among water vegetative. Mostly, it prefers surfaces of oxbows and ponds. Life cycle is characterized by monocycling. The species are thermophilic, male and ephippium female are developed in populations, starting from the point, when water is cooled to 17-16 degrees. The fecundity varies from 5 to 8 eggs.

Materials on the characteristic of *Cladocera* of Ukrainian Roztocze were taken into account in the preparation of a Key to species identification of freshwater plankton in Europe with an indication of the ecology and distribution of organisms [7].

**Conclusion.** The research of population *S. cristallina*, in view of their important role in phytophilous biocenoses, further requires the use of modern genetic and population methods to identify the polymorphism features, patterns subspecies structure, character of closely related links between different subgenus.

The internal population variability of *Diaphanosoma* is caused, first of all, by diversity of the shape and size of head, eye, dimensional characteristics of antennules and correlation between their length and carapace are important as well. Investigations in morphological and ecological features of genus *Diaphanosoma* take place in solving priorities of ecological safety, local monitoring, aquatorium compartmentalization of the Ukrainian Roztocze and require an integrated approach with the use of current methods of multidimensional statistic, factorial and dispersal analysis.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Іванець О. Р. Фауна гиллястовусих раків (*Crustacea, Cladocera*) Українського Розточчя / О. Р. Іванець // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол., 2013. - Вип. 63. - С. 110-117.
- Іванець О. Р. Таксономічна структура кладоцероценозів Українського Розточчя / О. Р. Іванець // Вісник Львівського національного університету. Серія біологічна. – 2014а. – Вип. 64. – С. 260-269.
- Іванець О. Р. Еколого-морфологічна характеристика роду *Daphnia* O.F. Müller, 1785 (*Crustacea, Cladocera* Українського Розточчя / О. Р. Іванець // Біологічні Студії / *Studia Biologica*, 2014б. Т. 8/№2. С. 169 – 186.
- Іванець О. Р. Таксономія та еколого-морфологічна характеристика роду *Graptoleberis* (Sars, 1862) (*Cladocera : Anomopoda : Chydoridae*) Українського Розточчя / О. Р. Іванець // Вісник Львівського ун-ту. Сер. біол. – 2017. – Вип. 75. – С. 99-106.
- Коровчинский Н.М. Ветвистоусые ракообразные отряда *Ctenopoda* мировой фауны (Морфология, систематика,

- экология, зоогеография) / Н.М. Коровчинский // М.: КМК. - 2004. - 410 с.
6. Мануйлова Е. Ф. Ветвистоусые рачки (*Cladocera*) фауны СССР. / Е. Ф. Мануйлова // Л.: Наука, 1964. 327 с.
  7. Błędzki L. A. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe: *Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida)*. Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis / L. A. Błędzki, J. I. Rybak // Switzerland: Springer International Publishing Switzerland. 2016. 918 p.
  8. Flössner D. Die *Haplopoda* und *Cladocera* (ohne *Bosminidae*) Mitteleuropas / D. Flössner // Backhuys Publishers, Leiden, 2000. 428 s.
  9. Hudec I. Fauna Slovenska III. *Anomopoda, Ctenopoda, Haplopoda, Onychopoda (Crustacea: Branchiopoda)* / I. Hudec // Bratislava: Veda, 2010. 496 p.
  10. Ivanets O. Small storages of the western Ukraine: hydrobiological characteristics and Peculiarities of the waterfowl (Ornithofauna) / O. R. Ivanets, I. Gorban // Limnology and waterfowl. Monitoring, modeling and management. Sandor Farago, Josef Kerekes. Sarrod-Sopron 21- 23. November, 1994. Societas Internationalis Limnologiae (SIL), Working Group on Aquatic birds, 1994. - P. 26.
  11. Ivanets O. R. Zooplankton of the water vegetation in the ponds of the west forest-steppe of Ukraine / O. R. Ivanets // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. Вип. 56. 2011. С. 148–156.
  12. Korovchinsky N. M. A new species of the genus *Diaphanosoma* Fischer, 1850 (Crustacea: Cladocera: Sididae) from Japan / N. M. Korovchinsky // Limnology, 2013 (14). P. 13–18
  13. Korovchinsky N. M. A new species of *Diaphanosoma* Fischer, 1850 (Crustacea: Branchiopoda: Sididae) inhabits lakes of the western United States of America / N. M. Korovchinsky // J. Limnol., 2016; 75(1). P. 52–61.
  14. Kotov A. A. Comparative analysis of the late embryogenesis of *Sida crystallina* (O.F. Muller, 1776) and *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848) (Crustacea: Branchiopoda: Ctenopoda) / A.A. Kotov, O.S. Boikova // Hydrobiologia 1998, 380(1–3):103–125.
  15. Kovalchuk A. A. The impact of damming and water pondage on the formation and structure of zooplanktocoenoses in the conditions of rivers in the Ukrainian Roztocze (the “outer” or “chunk” Carpathians) / A. A. Kovalchuk, O. R. Ivanets // Issues and challenges of small hydropower development in the Carpathians region (hydrology, hydrochemistry, and hydrobiology of watercourses). Monograph. Uzhgorod-L'viv-Kyiv : Biological Faculty of L'viv National University & Hydroecological society “Uzh”, 2016. – P. 138-151.
  16. Wetzel R., Likens G. Limnological Analyses / R. Wetzel, G. Likens // Philadelphia; London; Toronto: W.B. Saunders Company. 1979. 357 p.

#### REFERENCES

1. Ivanets O. R. The fauna of cladocerans (Crustacea, Cladocera) of Ukrainian Roztochya / O. R. Ivanets // The Bulletin of the Lviv University. Series Biology, 2013. 63, 110–117.
2. Ivanets O. R. The taxonomic structure of cladocercenoses of Ukrainian Roztochya / O. R. Ivanets // The Bulletin of the Lviv University. Series Biology, 2014a, 64, 260–269.
3. Ivanets O. R. Ecological and morphological characteristics of genus *Daphnia* (Crustacea, Cladocera) Ukrainian Roztochia / O. R. Ivanets // Studia Biologica, 2014b, 8 (2), 169–186.
4. Ivanets O. R. Taxonomy, ecological and morphological characteristics of genus *Graptoleberis* (Sars, 1862) (*Cladocera* : *Anomopoda* : *Chydoridae*) of Ukrainian Roztocze / O. R. Ivanets // The Bulletin of the Lviv University. Series Biology, 2017, 75. - P. 260–269.
5. Korovchinsky N. M. Cladocerans of the order Ctenopoda of the world fauna (Morphology, systematics, ecology, zoogeography) / N. M. Korovchinsky // М.: КМК - 2004. - 410 p.
6. Manujlova E. F. *Cladocera* fauna USSR / E. F. Manujlova // L.: Nauka, 1964. 327 s.

#### Фауна и морфо-экологическая характеристика семейства *Sididae*, Baird, 1850 (*Crustacea: Cladocera: Ctenopoda*) Украинского Расточья

О. Р. Иванец

**Аннотация.** На основании анализа современной литературы и собственных исследований подана фаунистическая и морфо-экологическая характеристика семейства *Sididae*, Baird, 1850 (*Crustacea: Cladocera: Ctenopoda*) Украинского Расточья. Основой работы послужили 314 проб, собранных в 2008-2017 г.г. на Украинском Расточье. Исследования проводились на живом и фиксированном материале. В целом исследовано 283 особи рода *Sida* и 157 особей рода *Diaphanosoma*. В водоемах Украинского Расточья выявлена *Sida crystallina crystallina* и зарегистрированы три варианта *Diaphanosoma brachyurum*: *D. b. leuchtenbergianum* Fisher, 1854; *D. b. megalops* Lilljeborg, 1900; *D. b. frontosa* Lilljeborg, 1900.

**Ключевые слова:** зоопланктон, *Cladocera*, *Sididae*, Украинское Расточье.

## Оцінка якості вод господарсько-питного і рибогосподарського призначення та її вдосконалення на прикладі нижнього Дунаю

С. О. Кур'янова, С. М. Юрасов

Одеський державний екологічний університет, м.Одеса, Україна  
\*Corresponding author. E-mail: Red\_sun@ukr.net

Paper received 01.11.17; Revised 07.11.17; Accepted for publication 10.11.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-05>

**Анотація.** В статті виконано аналіз оцінки якості вод за діючими методиками на прикладі нижнього Дунаю. Доведено, що недоліки існуючих методик не дозволяють адекватно характеризувати стан водних об'єктів як джерел господарсько-питного і рибогосподарського призначення. Приведено виконання розрахунків, дані рекомендації по їх перевірці, наведено приклади розрахунків. Запропоновано шляхи усунення цих недоліків.

**Ключові слова:** оцінка якості, господарсько-питне призначення, показник якості, блок показників.

Нижня частина Дунаю є водним об'єктом для задоволення різних потреб. Основними з них є господарсько-питне водопостачання та рибогосподарське водокористування.

а) Якість водних об'єктів господарсько-питного призначення оцінюється за санітарними норми [1] методом детального аналізу [2]. Він полягає у тому, що виміряне або розраховане значення кожного показника порівнюється з його нормативом: значення показників без ефекту сумачі не повинні перевищувати норматив ( $C_i \leq ГДК_i$ ), для груп показників з ефектом сумачі необхідно, щоб у кожній групі сума концентрацій показників у частках від нормативів не перевищувала одиницю ( $\sum C_i / ГДК_i \leq 1$ ). На основі цього аналізу робиться висновок о придатності, чи не придатності води для певних

потреб.

За санітарними нормами у групи сумачі об'єднуються речовини з однаковою ЛОШ першого, чи другого класу небезпеки.

Оцінка якості вод Кілійського гирла (табл.1) виконана за даними спостережень СЕС в 2005-2009 р.р. біля міст Рені, Ізмаїл, Кілія та Вилкове. Аналіз даних спостережень показав, що різниця між максимальним та мінімальним середніми значеннями ( $C_{CP}$ ) кожного показника якості по довжині річки (по пунктам спостережень) не перевищують  $\pm 30\%$ , за виключенням завислих речовин, заліза, цинку, міді та нафтопродуктів.

У табл.1 наведена оцінка якості вод в Рені та Вилкове, в Ізмаїлі і Кілії результати аналогічні.

**Таблиця 1.** Оцінка якості вод р. Дунай за  $C_{CP}$  (санітарні норми)

№ п/п	ПОКАЗНИК	ЛОШ	Клас небезп.	Норматив (Н)	Рені		Вилкове		
					$C_{CP}$	$C_{CP}/H$	$C_{CP}$	$C_{CP}/H$	
1	Завислі речов., мг/дм <sup>3</sup>	-	-	фон+0,25	39,8	-	58,1	-	
2	pH	-	-	6,5-8,5	8,01	-	7,98	-	
3	Розчин. кисень, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	4,0	9,42	-	9,34	-	
4	<b>ХСК</b> , мг/дм <sup>3</sup>	-	-	15	<b>18,9</b>	-	<b>18,9</b>	-	
5	<b>БСК<sub>20</sub></b> , мг/дм <sup>3</sup>	-	-	3,0	<b>5,4</b>	-	<b>4,55</b>	-	
6	Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	1000	335	-	332	-	
7	Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	с.-т.	3	2	0,208	-	0,194	-	
8	Азот нітратний, мг/дм <sup>3</sup>	с.-т.	3	10,2	1,28	-	1,36	-	
9	Хром (VI), мг/дм <sup>3</sup>	с.-т.	3	0,05	0,0014	-	0,0012	-	
10	Залізо, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	3	0,3	0,088	-	0,073	-	
11	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	4	350	29,1	-	29,1	-	
12	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	4	500	39,0	-	38,2	-	
13	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	3	1,0	0,0020	-	0,0022	-	
14	Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	3	0,1	0,0406	-	0,0331	-	
15	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	4	0,3	0,0181	-	0,0197	-	
16	Феноли, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	4	0,001	0,00094	-	0,00074	-	
17	СПАР, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	4	0,5	0,097	-	0,107	-	
18	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	заг.	3	1,0	0,0104	-	0,0070	-	
19	Азот нітритний, мг/дм <sup>3</sup>	с.-т.	2	1,0	0,0202	0,020	0,0241	0,024	
20	Кремній, мг/дм <sup>3</sup>		2	10	3,2	0,320	2,92	0,292	
21	Натрій, мг/дм <sup>3</sup>		2	200	19,5	0,098	19,6	0,098	
					Σ		0,438		0,414

Якість вод р. Дунай (табл.1) як джерела господарсько-питного водопостачання не відповідає вимогам санітарних норм лише по вмісту органічних речовин: показники БСК і ХСК перевищують нормативи в 1,8 і 1,3 рази відповідно. Такі води можна характеризувати як «слабо забруднені».

Недолік вітчизняних норм полягає у тому, що при

оцінці якості вод використовуються середні значення показників ( $C_{CP}$ ) за тривалі (декілька років) періоди часу. Якщо середні значення показників дорівнюють нормативам, то сумарна тривалість періодів забруднення становить приблизно 50% періоду осереднення. Це не можна вважати припустимим.

В країнах ЄС підхід до оцінки якості вод суттєво



відрізняється. Вода для пиття відповідає вимогам норм [3], якщо 95% проб не перевищують нормативи, зазначені як обов'язкові (тимчасові нормативи – ОБРВ і ТДК); якщо 90% проб відповідають вимогам у решті випадків (маються на увазі оптимальні нормативи – ГДК), а також, якщо у 5 і 10% проб, які не відповідають встановленим нормативам, відсутні відхилення від встановлених нормативів більш ніж на 50%, окрім рН, розчиненого кисню та мікробіологічних показників, відсутня загроза здоров'ю населення, відсутні відхилення від нормативів у послідовно відібраних одна за одною пробах.

Оцінка якості вод в країнах ЄС виконується за значеннями показників у разових пробах води. Видно, що в країнах ЄС передбачається нормування частоти перевищення ГДК: не більш 5 або 10% от усіх проб. Нормується також перевищення нормативу: не більш 50%. Крім того, нормується тривалість періодів можливого забруднення: треба щоб були відсутні

відхилення від нормативів у послідовно відібраних одна за одною пробах. Це означає, що при відборі проб чотири рази на місяць остання вимога буде виконано при тривалості періоду разового забруднення не більш 7 діб. Тоді протягом року кількість таких періодів може бути не більш  $12 \times 4 \times 0,10 \approx 5$  (при 10% кількості перевищень ГДК), тобто сумарна тривалість періодів забруднення протягом року повинна бути не більш 35 діб. У вітчизняних нормах це не розглядається.

Вміст фенолів у воді Дунаю (рис.1) відповідає вимогам вітчизняних норм ( $C_{CP} < ГДК$ ). Однак при аналізі змінюваності цього показника встановлено, що кількість перевищень ГДК дорівнює 14. Це становить 24% від загальної кількості спостережень рівної 56. За нормами країн ЄС допустимо не більш 6. Цей недолік легко усунути використовуючи не середні значення показників, забезпеченість яких 50%, а значення з 10% забезпеченістю ( $C_{10}$ ), що буде відповідати вимогам норм ЄС.

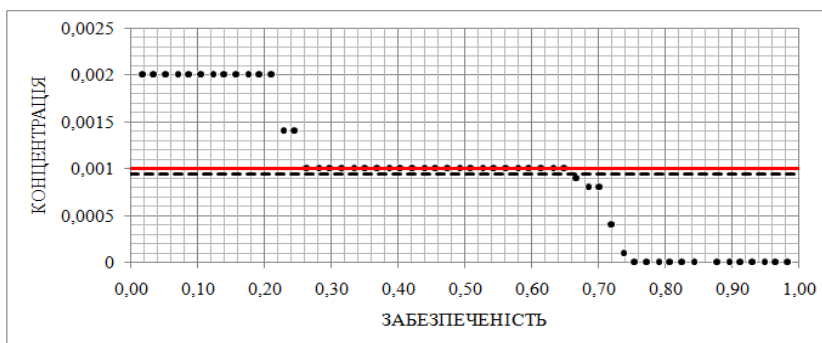


Рис. 1 – Емпіричний розподіл вмісту фенолів у воді Дунаю біля м. Рені: маркер круг – ранжовані у порядку спадання результати спостережень; суцільна горизонтальна лінія – санітарно-гігієнічна ГДК; пунктирна лінія – середнє значення

б) За рибогосподарськими нормами оцінка якості вод виконується теж методом детального аналізу. У групі сумачії об'єднуються речовини з однаковою ЛОШ [4].

Таблиця 2. Оцінка якості вод р. Дунай за  $C_{CP}$  (рибгосподарські норми)

№ п/п	ПОКАЗНИК	ЛОШ	Норматив	Рені		Вилкове	
				$C_{CP}$	$C_{CP}/H$	$C_{CP}$	$C_{CP}/H$
1	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	-	фон+0,75	39,8	-	58,1	-
2	рН	-	6,5-8,5	8,01	-	7,98	-
3	Розчин. кисень, мг/дм <sup>3</sup>	-	4	9,42	-	9,34	-
4	БСК <sub>20</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	-	3	<b>5,40</b>	-	<b>4,55</b>	-
5	Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	заг.	0,15	<b>0,160</b>	-	<b>0,160</b>	-
6	Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	токс.	0,39	0,208	0,53	0,194	0,50
7	Азот нітритний, мг/дм <sup>3</sup>		0,02	0,0202	1,01	0,0241	1,21
8	Залізо, мг/дм <sup>3</sup>		0,1	0,088	0,88	0,073	0,73
9	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>		0,01	0,0104	1,04	0,0070	0,70
10	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>		0,001	0,0020	1,96	0,0022	2,18
11	Марганець, мг/дм <sup>3</sup>		0,01	0,0406	4,06	0,0331	3,31
12	СПАР, мг/дм <sup>3</sup>		0,5	0,097	0,19	0,107	0,21
			Σ		<b>9,69</b>		<b>8,83</b>
13	Азот нітратний, мг/дм <sup>3</sup>	с.-г.	9,1	1,28	0,14	1,36	0,15
14	Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>		180	53,3	0,30	52,7	0,29
15	Магній, мг/дм <sup>3</sup>		40	14,0	0,35	13,6	0,34
16	Натрій + калій, мг/дм <sup>3</sup>		120	19,5	0,16	19,6	0,16
17	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>		300	29,1	0,10	29,1	0,10
18	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>		100	39,0	0,39	38,2	0,38
19	Хром, мг/дм <sup>3</sup>		0,001	0,0014	1,43	0,0012	1,22
			Σ		<b>2,86</b>		<b>2,65</b>
20	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	р/г	0,05	0,0181	0,36	0,0197	0,39
21	Феноли, мг/дм <sup>3</sup>		0,001	0,00094	0,94	0,00074	0,74
			Σ		<b>1,30</b>		<b>1,13</b>

У табл.2 наведено оцінка якості вод нижнього Дунаю за рибогосподарськими нормами.

З таблиці видно, що якість вод не відповідає вимогам вітчизняних норм по усій довжині розглядуваної ділянки річки за вмістом: органічних сполук (БСК перевищує норматив в 2,8 разів); фосфатів; речовин токсикологічної групи (амонію, нітритів, заліза, цинку, міді, марганцю та СПАР) перевищує норматив в 9-10 разів; речовин санітарно-токсикологічної групи (нітратів, кальцію, магнію, натрію, калію, хлоридів, сульфатів та хрому) перевищує норматив приблизно в 3 рази; рибогосподарської групи (нафти і фенолів).

Води з таким перевищенням нормативів слід характеризувати як «забруднені».

Найбільший вклад в забруднення вод Дунаю як

об'єкт рибогосподарського призначення вносять: в токсикологічної групі – нітрити, залізо, цинк, мідь і марганець; в санітарно-токсикологічної групі – хром; в рибогосподарської групі – феноли.

В країнах ЄС рибогосподарські норми ще більш жорсткі [3]: водний об'єкт слід вважати таким, що відповідає рибогосподарським нормам, якщо результати 95% проб води не перевищують обов'язкові та оптимальні нормативи.

в) Розглянемо тепер часову змінюваність показників якості вод.

Найбільш поширеними законами розподілу позитивних випадкових величин, які використовуються при практичних розрахунках, є закони логнормальний і Вейбула.

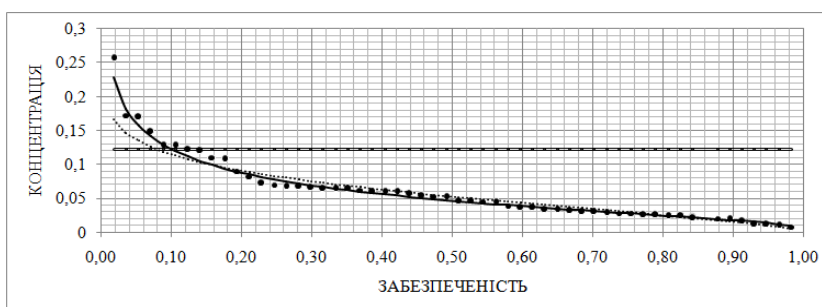


Рис. 2 – Розподіл у часі концентрації заліза: маркер круг – результати спостережень; суцільна лінія – логнормальний закон; точкова лінія – закон Вейбула; горизонтальна лінія –  $C_{10}$  (логнормальний).

Параметрами логнормального закону розподілу є математичне очікування та середньоквадратичне відхилення логарифмованого ряду спостережень. Оцінка параметрів розподілу Вейбула більш складна. Послідовність цього розрахунку наведена в [5].

В результаті статистичної обробки були розраховані: середні значення показників ( $C_{CP}$ ),

параметри законів розподілу логнормального і Вейбула, значення показників з 10%-ю забезпеченістю ( $C_{10}$ ), середньоквадратичне відхилення емпіричних даних від розрахункових, емпірична оцінка забезпеченості  $C_{10}$ .

Для більшості показників  $C_{10}$  за логнормальним законом перевищує  $C_{10}$  за законом Вейбула.

Таблиця 3. Оцінка якості вод р. Дунай за  $C_{10}$  (санітарні норми)

№ п/п	ПОКАЗНИК	ЛОШ	Клас небезп.	Норматив	Рені		Вилкове	
					$C_{10}$	$C_{10}/H$	$C_{10}$	$C_{10}/H$
1	Завислі речов., мг/дм <sup>3</sup>	-	-	фон+0,25	97,3	-	77,3	-
2	pH	-	-	6,5-8,5	8,24	-	8,18	-
3	Розчин. кисень, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	4,0	7	-	6,94	-
4	<b>ХСК, мг/дм<sup>3</sup></b>	-	-	15	<b>26,6</b>	-	<b>27,9</b>	-
5	<b>БСК<sub>20</sub>, мг/дм<sup>3</sup></b>	-	-	3,0	<b>8,48</b>	-	<b>7,09</b>	-
6	Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	1000	394	-	385	-
7	Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	с.-г.	3	2	0,367	-	0,361	-
8	Азот нітратний, мг/дм <sup>3</sup>	с.-г.	3	10,2	1,83	-	1,99	-
9	Хром (VI), мг/дм <sup>3</sup>	с.-г.	3	0,05	0,0029	-	0,0022	-
10	Залізо, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	3	0,3	0,122	-	0,159	-
11	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	4	350	36,6	-	36,7	-
12	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	4	500	47,4	-	46,1	-
13	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	3	1,0	0,0044	-	0,0038	-
14	Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	3	0,1	0,0871	-	0,075	-
15	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	4	0,3	0,0309	-	0,0331	-
16	<b>Феноли, мг/дм<sup>3</sup></b>	орг.	4	0,001	<b>0,0020</b>	-	<b>0,0017</b>	-
17	СПАР, мг/дм <sup>3</sup>	орг.	4	0,5	0,185	-	0,205	-
18	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	заг.	3	1,0	0,0314	-	0,0205	-
19	Азот нітритний, мг/дм <sup>3</sup>	с.-г.	2	1,0	0,0287	0,029	0,0489	0,049
20	Кремній, мг/дм <sup>3</sup>		2	10	5,45	0,545	5,49	0,549
21	Натрій, мг/дм <sup>3</sup>		2	200	28,9	0,145	28,5	0,143
Σ							0,718	0,740

з 112 оброблених рядів спостережень у 76 апроксимація емпіричних даних логнормальним

законом розподілу дає біль щільний зв'язок ніж законом Вейбула, і лише у 36 навпаки. Проте, в

середньому емпірична забезпеченість значень показників  $C_{10}$  (з заданою забезпеченістю 0,10) за законом Вейбула складає  $0,097 \approx 0,10$ , а за логнормальним –  $0,091 \approx 0,09$ . Тобто, логнормальний закон точніше відображає розподіл максимальних членів ряду.

В цілому закони логнормальний і Вейбула добре апроксимують часову мінливість показників якості вод (рис. 2). Але з практичної точки зору логнормальний закон розподілу зручніший.

г) Виконаємо тепер оцінку якості вод р. Дунай використовуючи значення показників із 10%-ю

забезпеченістю [6].

У даному випадку якість вод р. Дунай не відповідає вимогам санітарних норм по усій довжині розглядуваної ділянки річки вже не тільки за вмістом органічних сполук, але й за вмістом фенолів (табл. 3). Зроблена оцінка співпадає з оцінкою за нормами країн ЄС.

Як водний об'єкт рибогосподарського призначення нижнього Дунаю за  $C_{10}$  (табл. 4) слід характеризувати як «брудне» (вміст речовин токсикологічної групи перевищує норматив у двадцять разів).

Таблиця 4. Оцінка якості вод р. Дунай за  $C_{10}$  (рибогосподарські норми)

№ п/п	ПОКАЗНИК	ЛОШ	Норматив (H)	Рені		Вилкове	
				$C_{10}$	$C_{10}/H$	$C_{10}$	$C_{10}/H$
1	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	-	фон+0,75	97,3	-	77,3	-
2	pH	-	6,5-8,5	8,24	-	8,18	-
3	Розчин. кисень, мг/дм <sup>3</sup>	-	4	7,00	-	6,94	-
4	БСК <sub>20</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	-	3	<b>8,48</b>	-	<b>7,09</b>	-
5	Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	заг.	0,15	<b>0,312</b>	-	<b>0,246</b>	-
6	Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	токс.	0,39	0,367	0,94	0,361	0,925
7	Азот нітритний, мг/дм <sup>3</sup>		0,02	0,0287	1,43	0,0489	2,443
8	Залізо, мг/дм <sup>3</sup>		0,1	0,122	1,22	0,1585	1,585
9	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>		0,01	0,0314	3,14	0,0205	2,053
10	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>		0,001	0,0044	4,40	0,0038	3,797
11	Марганець, мг/дм <sup>3</sup>		0,01	0,0871	8,71	0,0750	7,503
12	СПАР, мг/дм <sup>3</sup>		0,5	0,185	0,37	0,205	0,411
			Σ		<b>20,21</b>		<b>18,72</b>
13	Азот нітратний, мг/дм <sup>3</sup>	с.-т.	9,1	1,83	0,20	1,99	0,219
14	Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>		180	63,6	0,35	62,7	0,348
15	Магній, мг/дм <sup>3</sup>		40	16,9	0,42	16,7	0,417
16	Натрій + калій, мг/дм <sup>3</sup>		120	28,9	0,24	28,6	0,238
17	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>		300	36,6	0,12	36,6	0,122
18	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>		100	47,4	0,47	46,1	0,461
19	Хром, мг/дм <sup>3</sup>		0,001	0,0029	2,86	0,0022	2,219
			Σ		<b>4,68</b>		<b>4,02</b>
20	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	р/х	0,05	0,0309	0,62	0,0331	0,662
21	Феноли, мг/дм <sup>3</sup>		0,001	0,0020	2,03	0,0017	1,740
			Σ		<b>2,65</b>		<b>2,40</b>

По українській частині Нижнього Дунаю можна зробити такі висновки.

1. За гідрохімічними показниками води Кілійського гирла Дунаю як об'єкту господарсько-питного водопостачання є «слабо забрудненими» за показниками БСК, ХСК і феноли.

2. Як об'єкт рибогосподарського призначення Кілійське гирло Дунаю є «брудним» за показниками БСК, фосфати, речовини з токсикологічною, санітарно-токсикологічною і рибогосподарською ЛОШ.

3. Оцінка якості вод за вітчизняними нормами буде співпадати з оцінкою за нормами країн ЄС якщо

використовувати значення показників з 10%-ю забезпеченістю.

4. Для розрахунку значень показників з 10%-ю забезпеченістю зручніше використовувати логнормальний закон: простіше розрахувати параметри і щільність зв'язку цього закону з емпіричними даними більша ніж за законом Вейбула. Однак закон Вейбула дає точнішу оцінку  $C_{10}$ .

5. Подальші дослідження необхідно направити на розробку методики техніко-економічного обґрунтування забезпеченості значень показників при оцінці якості вод.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. СанПиН – 4630–88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Министерство здравоохранения СССР. – Москва – 1988.
2. Оцінки якості природних вод: навчальний посібник / Юрасов С.Н., Сафранов Т.А., Чугай А.В – Одеса: Екологія, 2012. – 168 с.
3. Матеріали семінару «Основи природоохоронного законодавства України та Європейського співтовариства: водні ресурси». – К.: Державний інститут підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів Мінекобезпеки України, травень 1997 р.
4. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами./ Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Наказ № 116 від 15.12.94. – К, 1994.
5. Юрасов С.Н., Алексеенко Е.А. Апроксимація законів розподілу показників якості вод на прикладі ріки Дністер – місто Біляївка./Людина та довкілля. Проблеми неоекології: Науковий журнал Харківського

національного університету імені В.Н. Каразіна. – Харків, 2014.–№ 3-4.–с.46-51.

6. Кур'янова С.О., Юрасов С.М. Рекомендації щодо вдосконалення оцінки (класифікації) якості вод господарсько-питного призначення за вітчизняними нормами на прик-

ладі р. Дунай - м. Вилкове // Український гідрометеорологічний журнал: Науковий журнал / Голов. ред. С.М. Степаненко. – Одеса: “Екологія”, 2012. – № 11 – с. 34-44.

#### REFERENCES

1. SanPiN - 4630-88. Sanitarni pravyla ta normy okhorony poverkhnevyykh vod vid zabrudnennya. Mynysterstvo zdravookhranenyua SRSR. - Moskva - 1988.
2. Otsinky yakosti pryrodnykh vod: navchal'nyu posibnyk / Yurasov S.N., Safranov T.A., Chuhay A.V. - Odesa: Ekolohiya, 2012. - 168 s.
3. Materialy seminaru «Osnovy pryrodookhoronnoho zakonodavstva Ukrayiny ta Yevropeys'koho spivtovarystva: vodni resursy». - K. : Derzhavnyy instytut pidvyshchennya kvalifikatsiyi ta perepidhotovky kadriv Minekobezpeky Ukrayiny, traven' 1997 r.
4. Instruktsiya pro porядok rozrobky ta zatverdzhennya hranychno dopustymykh skydiv (HDS) rehovyn u vodnykh ob'ektakh iz zvorotnymy vodamy. / Ministerstvo okhorony navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha Ukrayiny. Nakaz № 116 vid 15.12.94. - K, 1994.
5. Yurasov S.N., Alekseenko E.A. Aproksymatsiya zakoniv rozpodilu pokaznykiv yakosti vody na prykladi richky Dnister - misto Bilyayivka. / Lyudyna ta navkolyshnye seredovyshe. Problemy neoekolohiyi: Naukovyy zhurnal Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V.N. Karazina. - Kharkiv, 2014.-№ 3-4.-s.46-51.
6. Kur'yanova S.O., Yurasov S.M. Rekomendatsiyi shchodo vdoskonalennya otsinky (klasyfikatsiyi) yakosti vody hospodars'ko-pytноho pryznachennya za vitchyznyanymy normamy na prykladi r. Dunay - m. Vylkove // Ukrayins'kyy hidrometeorolohichnyy zhurnal: Naukovyy zhurnal / Holov. red. S.M. Stepanenko. - Odesa: "Ekolohiya", 2012. - № 11 - s. 34-44.

#### Assessment of water quality for the household and drinking and fishing industries and its improvement on the example of the lower Danube

S. A. Kuryanova, S. N. Urasov

**Abstract.** The article presents a critical analysis of water quality assessment by different methods on the example of the r.Danube. It is shown that the drawbacks of the existing methods do not allow to adequately characterized the state of the water objects as sources of domestic and drinking purposes. An example of the calculation was given. Suggested ways of overcoming these drawbacks.

**Keywords:** evaluation of the quality, domestic, drinking purpose, the quality indicator unit indicators.

#### Оценка качества вод хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения и ее совершенствование на примере нижнего Дуная

С. А. Курьянова, С. Н. Юрасов

**Аннотация.** В статье выполнен анализ оценки качества вод по действующим методикам на примере нижнего Дуная. Доказано, что недостатки существующих методик не позволяют адекватно характеризовать состояние водных объектов как источников хозяйственно-питьевого назначения. Приведены последовательность выполнения расчетов, даны рекомендации по их проверке, приведены примеры расчетов. Предложены пути устранения этих недостатков.

**Ключевые слова:** оценка качества, хозяйственно-питьевое назначение, показатель качества, блок показателей.

## The current tendencies of tax regulations of tncs' investment activity

Y. Shevchenko

Department of International Finance, SHEE "Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman"  
Corresponding author. E-mail: shevchenko-julia@ukr.net

Paper received 21.11.17; Revised 26.11.17; Accepted for publication 28.11.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-06>

**Abstract.** The research is devoted to the main problems concerning current situation in tax regulation of TNCs. Current conditions of the operation of TNCs are disclosed in the paper, taking into account the tax burden that exists in each host country. It shows the main tax rates in some countries that are related to sustainable development in the context of each component. The main analysis of tax regulation and the consequences for the investment of TNCs is provided. The article provides a list of conditions relating to tax regulation in host countries and their impact on the investment behavior of TNCs. The paper provides advice that should be used to build an investment strategy for TNCs. The conclusions regarding further tax regulation of investment activity of TNCs with determination of tax rates and reduction of tax evasion are determined.

**Keywords:** *investments, investment behaviour, international investment, tax, tax evasion, TNCs.*

**Introduction.** Under current conditions, TNCs are increasingly developing strategies for their future operations and investment activities, not only in the context of the law environment, but also in financial regulators, one of which is taxation in different host countries and in the parent company.

Recently, the issue of taxation of transnational corporations has caused sharp controversy and significant criticism of society. Taxation of corporate profits is the main regulator of their activities and ensuring the revenue of the state budget of the host countries. Also, tax regulations are set by each country in the framework of its fiscal policy and international activities. In the global turbulent environment, changes are constantly taking place regarding the international taxation of TNCs and other legal entities. These tendencies make TNC management personnel adjust their own corporate and investment strategies. But with the spread of the concept of sustainable development, tax regulation began to affect the environment. Such conditions form the need for a broader study of the problem of tax regulation of investment activities of TNCs.

### The analysis of the latest researches and publications.

Many foreign and domestic scientists such as Henn M. [2], James S. [3], Modigliani F. [4], Palan R. [8], Rudenko-Sudarieva L.V. [9] and others involve in research and development of the problems of current tendencies of tax regulation in TNCs' investment activity and its impact on investment behaviour in modern global economic environment. The theoretical and practical skills and knowledge are used during these research and deep study of tax regulation that help to reveal some various situations and economic conditions at exact period of time. These results and recommendations create a new need for further research of current tendencies of tax regulations in TNCs' investment activity. So we have a necessity to study this problem more thoroughly and widely for further economic and investment activity.

These researches are based on the theoretical and practical knowledge which is important for the future study and scientific construction. But in result of different changes in the world's economic space, the need of further research of modern investment trends is still remain actual and it is possible to investigate wider investment problems in our economic space and community.

**Setting objectives.** The purpose of the paper is a thorough research of the current tendencies of tax regulations of TNCs' investment activity and tax environment, which exists in the host countries of TNCs that manage and change TNCs' investment plan and strategy.

**Materials and methods.** As a result of work, many scientific publications, periodic materials, reports of international organizations, especially OECD, The UNITED NA-

TIONS, Internet resources are used during research. For more thorough study, it were used abstract, comparison and generalization, grouping, logic methods in this research.

**Results and discussions.** Recently, the issue of taxation of transnational corporations has caused discussions in society. For example, in the UK, protesters seized Starbucks in early 2013, accusing the company of tax evasion. A large number of information and IT companies based in the United States were suspected of not paying virtually any taxes on their profits abroad. In 2011, Argentina accused Glencore, the world's largest tax evasion trader. Also, in 2013, the disclosure of databases on the activities of offshore centers was increasingly causing discontent among the international community.

Then the G20 began studying the problem of tax havens, declaring in 2009 that the era of banking secrecy was over. The result was that, together with the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), they created a black list of tax havens that were soon empty. In 2011, the lists were reinstated again. At the same time, the finance ministers of the G20 countries are once again trying to solve the problem with offshore centers, and in the course of 2013, some preliminary decisions were made to intensify efforts in the field of taxation of TNCs. In turn, the OECD issued its Addressing Base Erosion and Profit Shifting report illustrating aggressive tax evasion methods (OECD 2013). And in order to eliminate these methods, the OECD has presented an action plan "Action Plan on Erosion and Profit Shifting", which will be approved by Heads of State [2].

This plan provided for the provision of domestic and international instruments aimed at better harmonization of the tax law on the basis of an in-depth analysis of the most vulnerable sectors of the economy in order to provide concrete solutions for the transition of international standards to the current global business environment (avoidance of double taxation, dispute settlement through arbitration)

In our opinion, tax regulators of investment activity of TNCs can both restrain investment and stimulate by differentiating tax rates, objects of taxation in host countries.

But today, and in our opinion, tax havens will exist in the future, where TNCs will be able to reduce tax rates by simply choosing a country or island that are offshore centers.

Offshore is a consequence of globalization and turbulent financial environment, as TNCs are trying to invest their own resources with the lowest risks and profits.

In general, according to the OECD, tax havens are jurisdictions that allow companies and individuals to avoid taxes. Such a deviation may be illegal, but there are also legal methods that are usually used by international firms [7].

In his book, "Tax Shelter: How Globalization Works,"

Ronen Palan, Richard Murphy and Christian Chavagne point out: "There is no generally accepted definition of tax shelter. It is important to note that there is often a common practice that forms a tax haven, and they can to some degree exist in any country in the world. In this case, it is often more appropriate to talk about the harmful practices of the tax harbor. And the question arises why there are tax havens in some countries, and in others there is no "[7].

Taxation plays a key role in regulating the activities of TNCs and is a source of revenue for the budgets of host developing countries. But investors, countries and international organizations are forced to develop an extensive tax system. First and foremost, the investment behavior of TNCs will be affected by the corporate tax, or as the profit tax is called.

In the field of taxation of corporations, scientists such as: Merton Miller and Franco Modigliani were involved. Their development was the knowledge of capital in their work "Capital Expenditure, Corporate Finance and Investment Theory". The tax in this crop acted as costs that increase the value of the corporation. That is why the ideal corporation is based on the absence of taxes as such. In turn, the scientists concluded that the taxes and capital structure of the corporation does not affect the value of the company, if there is a perfect organization of the stock market [5].

Further, economists improved their own theory, which indicated that the cost of equity capital of a corporation that takes financial resources from external sources is equal to the sum of equity value of a similar, ie income and level of risk, corporation that uses only its own funds and premiums for a risk that is defined as the product of the difference in the values of the value of own and borrowed capital to finance the independent financial corporation by the value of the coefficient of financial leverage. That is, when the taxes are absent, the value of the corporation will not depend on the capital structure of the corporation itself [6].

It is in the taxation of corporations that they are a kind of expense that is deducted from the corporation's profit. Therefore, in our opinion, this situation confirms that taxation is a regulator of corporations, as well as investment, reducing the share of investments themselves.

Also, according to F.Modigliani and M.Miller in later revisions, the use of resources from external sources leads to an increase in the cost of the organization due to the deduction of interest on loans from the corporate profit tax, which will result in an increase in operating profit [6].

Therefore, the choice of corporation tax rates is significant for TNC management personnel, since larger taxes reduce the share of investment in the host country. Through its worldwide activities, TNCs can choose and analyze the investment climate of the host country, which includes local taxes levied on affiliates and subsidiaries. But within the framework of the concept of sustainable development, there was a concept such as "environmental tax", which involves deductions for environmental protection.

In the future, regulation through environmental taxes will gain increasing importance not only in highly developed countries, but also in developing countries. This trend will be due to the placement of TNCs' own subsidiaries and affiliates in these countries as full partners in investment projects.

For the host country, today the percentage of income in the host country's budget is not high at an average of 1-3% of GDP. The main areas of environmental tax are taxation in the areas of energy, transport, air pollution and the use of natural resources, as shown in Table 1.

**Table 1.** Tax rates related to the environmental sector in some countries in 2015,% of GDP

The name of tax	Energy tax	Tax on transport	Air pollution tax	Tax on the use of natural resources
Country				
1	2	3	4	5
Austria	1,53	0,86	-	0,01
Belgium	1,25	0,7	-	-
Bulgaria	2,55	0,29	-	-
The UK	1,82	0,58	0,06	0,02
Greece	2,95	0,78	0	0
Denmark	2,22	1,54	0,14	0,09
Estonia	2,43	0,06	0,22	0,05
Ireland	1,17	0,73	0,02	-
Iceland	1,19	0,4	0,15	0
Spain	1,58	0,24	0,07	0
Italy	2,76	0,59	0,04	0
Cyprus	2,29	0,68	0	0,01
Latvia	2,08	0,53	-	-
Lithuania	1,67	0,05	0,04	0,06
Luxembourg	1,69	0,14	-	-
Malta	1,49	1,17	0,24	0
The Netherlands	1,89	1,03	-	-
Germany	1,59	0,32	0	0
Norway	1,31	0,96	0,07	0,03
Poland	2,27	0,21	-	-
Portugal	1,78	0,63	0	0,02
Romania	2,19	0,23	0	0
Serbia	3,58	0,29	-	-
Slovakia	1,5	0,18	0,09	0
Slovenia	3	0,46	0,37	0,08
Hungary	1,94	0,45	-	-
Finland	1,99	0,88	0,04	0,01
France	1,78	0,27	0,12	0,01
Croatia	2,57	0,84	0	0,69
The Czech Republic	1,94	0,14	0,02	0
Sweden	1,74	0,45	0,03	0
EU	1,87	0,48	-	-
Eurozone	1,85	0,46	-	-

Source: compiled by the author based on [1]

Such taxes correct the use of natural resources and reduce the amount of CO2 emissions into the atmosphere. For TNCs, they are certainly costs, but for the host country, there are revenues that go for environmental protection.

But not only environmental taxes transform the investment behavior of TNCs, but also international instruments that oblige the parties to reduce their emissions to the atmosphere. For example, in accordance with the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change 1997, the countries that have acceded to this treaty should implement policies and measures in accordance with their national circumstances such as: improving energy efficiency in relevant sectors national economy; protection and improvement of the quality of greenhouse gas sinks and stores not regulated by the Montreal Protocol, taking into account their obligations under relevant international environmental agreements; promote the spread of rational methods of forestry, afforestation and reforestation on a stable basis; encouraging sustainable and sustainable agriculture in the context of taking into account the peculiarities of climate change; conducting research, developing, promoting the widespread use and introduction of new and renewable forms of energy, carbon dioxide absorption technologies and advanced state of the art environmentally sound technologies; the gradual reduction or elimination of market imbal-

ances, fiscal incentives, exemptions from taxes and duties and subsidies that are contrary to the objectives of the Convention in all sectors that are sources of greenhouse gas emissions and the application of market mechanisms and other measures to protect the environment [4].

But tax regulation of environmental protection affects only one aspect of the concept of sustainable development. In a turbulent financial market of TNCs, there are certain problems with avoiding double taxation, since, in our opinion, investment resources, which decrease in proportion to the increase in corporation tax rates, are lost.

But in different countries, the avoidance of double taxation occurs differently. For example, reduction of the tax burden on TNCs is possible through tax privileges and loans. Tax privileges in most countries relate to dividends, that is, for owners of TNC shares, profits remain stable, but resources are reduced to accommodate investment. It follows from the conclusion that host countries receive less investment [3].

In our opinion, the use of tax credits for the investment of TNCs in the host country will be more acceptable. This is due to the fact that the parent company will receive compensation from the corporation from a subsidiary or subsidiary located in the receiving country. The effectiveness of the tax credit is reflected in the consolidated financial statements based on the results of all divisions.

In turn, for Ukraine as a host country, future TNC investments need to improve tax legislation in terms of TNCs regulation and transfer pricing problems.

For example, according to S. James and K. Nobes, the impact of taxation as a financial regulator focuses on the expected return on investment with varying degrees of risk, capital supply and asset prices. Interesting and relevant today is that some of the investments of the corporation are used to return for the return of tax liabilities available for other investments [8].

Taxing stimulates investment at the same time and reduces the amount of investment in host countries. Incentives for investors of any level, whether TNCs or individuals, show

what exactly attract investments to the country.

The investment behavior of TNCs depends on the current conditions of the development of the international taxation system. Globalization and financial crises have caused serious imbalances in the structure of the financial system of TNCs [9]. The problem of taxation of affiliate and subsidiaries' income is precisely the difference in tax rates, the difference between the tax systems of the host countries. There is a discrepancy in establishing a single tax on all transactions conducted by TNCs. The main trends in investment behavior will also be [10]:

- an increase in the number of information products due to the proliferation of the digital economy and the problem of the definition of the object and the tax rate;
- the possibility of concluding global trade and investment agreements between countries and regional entities;
- competition between protectionist policies and freetrade policies that differentiate tax rates;
- implementation of the OECD Plan "Addressing Base Erosion and Profit Shifting" (BEPS);
- tax harmonization;
- increase of environmentally safe means of production and complication of their depreciation due to high investment resources;
- tax competition in establishing corporate tax rates in host countries.

**Conclusions.** Analyzing the current tendencies of tax regulation of TNCs' investment activity and different tax theories, it is possible to draw the following conclusions:

- ecological tax is a new thing in the global economic environment that create opportunities for the host countries in providing safe and good politics of protecting environment but it has a lot of discussions;
- many scientists studied problems of tax regulation and its influence on corporate and countries' strategies;
- existence of constant discussions which are concerned implementing tax plans and providing the limit of double tax systems.

## REFERENCES

1. Data of Eurostat. (2017). Retrieved from <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupDownloads.do>.
2. Henn M. (2013). Tax Havens and the Taxation of Transnational Corporations. Friedrich Ebert Stiftung. 1-17.
3. James S. (2014). Economics of Taxation 2013/14. Paperback. 1-250.
4. Kyoto protocol to the United Nations Framework Convention on climate change. (1997). Retrieved from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>.
5. Modigliani, F., Miller, M. Corporate Income Taxes and the Cost of Capital: A Correction. American Economic Review. – 1963. – Vol. 53, pp. 432.
6. Modigliani, F., Miller, M. (1958) The cost of Capital, Corporate Finance and the Theory of Investment. American Economic Review. Vol. 48, pp.261-297.
7. OECD. (2013). Addressing Base Erosion and Profit Shifting. Retrieved from <http://www.oecd.org/tax/addressing-base-erosion-and-profit-shifting-9789264192744-en.html>.
8. Palan R. (2009). Tax Havens How Globalization Really Works. Cornell University Press. Cornell Studies in Money. 1-280.
9. Rudenko-Sudarieva L., Krysiuk R Modern factors in the development of international investment / L. Rudenko-Sudarieva., R. Krysiuk // The practical science edition "Independent AUDITOR".- 2015.- №14 (IV).- P.27-36.
10. The Global Risks Report 2017. (2017). Retrieved from: <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2017>.

## Современные тенденции налогового регулирования инвестиционной деятельности тнк

Ю. А. Шевченко

**Аннотация.** Исследование посвящено основным проблемам текущей ситуации в налоговом регулировании ТНК. Существующие условия функционирования ТНК раскрыты в работе с учетом налогового бремени, которое существует в принимающей стране. Показаны основные налоговые ставки в некоторых странах, которые связаны с устойчивым развитием в контексте каждого компонента. Предоставлен основной анализ налогового регулирования и последствия для инвестиционной деятельности ТНК. В статье представлен перечень условий, касающихся налогового регулирования в принимающих странах и их влияние на инвестиционное поведение ТНК. В работе содержатся рекомендации, которые следует использовать для построения инвестиционной стратегии ТНК. Определены выводы относительно дальнейшего налогового регулирования инвестиционной деятельности ТНК с определением налоговых ставок и уменьшением уклонения от уплаты налогов.

**Ключевые слова:** инвестиции, инвестиционное поведение, международные инвестиции, налоги, уклонение от уплаты налогов, ТНК.



## PHYSICS

### Mass-spectra of Evaporation of Glasses in As-S System

V. P. Ivanitsky<sup>1</sup>, V. S. Kovtunenکو<sup>2</sup>, R. O. Meshko<sup>1</sup>, M. M. Ryaboschuk<sup>1</sup>, M. V. Stoika<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Uzhhorod National University, 13, Kapitulna Str., t. Uzhhorod, 88000

<sup>2</sup> Cherkasy State University of technology, 460, Shevchenko Blvd, Cherkasy, 18006

<sup>3</sup> Ferenc Rakoczi II. Transcarpathian Hungarian Institute, 6, Kosuth square, Beregovo, 90200

Paper received 18.11.17; Revised 22.11.17; Accepted for publication 25.11.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-07>

**Abstract.** The mass-spectra of six different compositions of As-S glasses under thermal evaporation from Knudsen cell within the temperature range of 400 - 520 K have been studied. The complicated complex nature of vapour flows of these glasses which contain about three tens of different  $As_mS_n$  atomic complexes ( $m = 0 - 4$ ,  $n = 0 - 8$ ) has been revealed. By increasing the flow density of an ionizing electron beam of the mass-spectrometer the coincidence of the total mass-spectrometric composition of the vapour phase with the chemical composition of glasses before evaporation has been ensured. The presence of three types of concentration dependences for different  $As_mS_n$  clusters versus the chemical composition of initial glasses: growing, decreasing, dome-shaped ones has been established. The influence of technological conditions of synthesis for As-S glasses on their mass-spectra has been revealed.

**Keywords:** mass-spectrometry, arsenic-sulfur clusters, evaporation of chalcogenides.

**Introduction.** The vacuum condensation processes of As-S amorphous films include some closely interrelated stages: evaporation of the initial material with its transfer into the vapour-gas phase; "delivery" of the vapour to the place of its deposition; condensation of vapour flow particles on the substrate surface with their chemical or physical adsorption on it; nucleation processes; growth of a new phase on the substrate. At each of these stages the determining factor for the formation of the structure and properties of the amorphous film is the atomic structure of vapour flow particles. Therefore, the main structure-forming factor under condensation of As-S amorphous films is the peculiarities of mass-spectra of the vapour phase during evaporation of initial materials.

For mass-spectra of As-S glasses a considerable content of  $As_mS_n$  polyatomic complexes is typical, where  $m$  changes from zero to four, and  $n$  - from zero to eight [1, 2]. These various vapour components are adsorbed on the surface of the growing film under condensation and involved into the processes of chemical self-collecting of its atomic grid. The formation of different structural and phase states of As-S amorphous films is conditioned by the chemical composition and structure of these particles, their quantitative ratios, kinetic, energy and chemical characteristics, combined with a certain set of other parameters of the condensation process. Therefore, this paper analyzes the nature of changes in mass-spectra of evaporation of As-S glasses with the change in the chemical composition of initial materials.

The analysis of mass-spectra of As-S materials, studied by different authors [3 - 9] shows that in most cases the total mass-spectrometric composition of the vapour phase does not correspond to the chemical composition of initial materials. In this case, the chemical composition of the vapour flow is generally substantially enriched with arsenic compared with the composition of initial materials (differences reach 20 at.%). Such large deviations can be caused by several reasons: deviations from the preset chemical compositions of initial materials; differences in their structure; prolonged exposure of the substance at elevated temperatures of an effusion cell prior to the registration of the mass-spectrum, as a result of which volatile atomic particles have time to sublime from the batch; improper conducting of mass-spectrometric measurements and processing of their results and so on. In

particular, the ratio of concentrations of different vapour particles greatly differs at the initial, basic and final stages of evaporation. Therefore, our work analyzes the given problem, too.

**Methodology of research.** Mass-spectrometric studies were conducted by Knudsen method on MI-1201 devices. The effusion cell was made from tantalum foil and had a small diameter of a hole equal to 0.5 - 0.7 mm. Around the cell a radiation screen from tantalum foil was also placed. The ratio of the area of Knudsen cell hole to the area of its section made up 1: 200. The evaporation temperature of the cell batch was measured by the differential W-Re thermocouple. The experiments were conducted in vacuo of  $\sim 10^{-5}$  Pa, which was created by a lamellar-rotary pump Pfeiffer Vacuum DUO 2.5 and turbo-molecular pump TMH-150. The devices were calibrated according to atomic particles of aluminum vapours.

The maximum ionization efficiency of  $As_mS_n$  clusters is typical for exciting electrons with energies of 30 - 60 eV. That is why the flow of ionizing electrons was formed just in this energy range. The effective cross section of ionization process of various atoms and molecules by the electrons of low energies is on the average directly proportional to their sizes. The sizes of arsenic atoms are by 30% greater than those of sulfur atoms. Thus enriched with As the  $As_mS_n$  clusters will have much larger geometric sizes and therefore significantly greater cross sections of electron scattering. Thus, these clusters will be much more effectively ionized by the flow of exciting electrons of the mass-spectrometer and their ionic currents will prevail in experimental mass-spectra. In our opinion, just by this a significant enrichment with arsenic of the total chemical composition of the ionized flow in the mass-spectrometer is determined (see papers [3 - 9]). Therefore, these effects should be taken into account while obtaining reliable experimental mass-spectrometric data for evaporation of As-S materials. One way of making this effect slacken is to increase the efficiency of vapour flow ionization by an electronic gun.

To register high-quality mass-spectra the density of the vapour flow from the evaporator has to be fixed in a certain, sufficiently narrow range. Therefore, a significant increase in this parameter for growth of ionization efficiency of vapour particles is not desirable. With this aim, we significantly increased the density of the flow of ioniz-

ing electrons in our experiments. This was achieved by two ways.

1. Tungsten cathodes of an electron gun served as the source of electrons. We replaced the cathodes of conventional V-shaped form by sharply bladed ones which thermoemitted electrons more effectively. In addition, the flow of electrons from such cathodes is focused into more subtle beams.

2. The traditional temperature of cathodes of an electron gun was increased by about 100 K and it reached 2100 - 2150 K. As a result, the measurements showed the increase in thermoelectronic emission current from ~ 1 to ~ 5 mA. According to theoretical estimates, this corresponds to the increase in the density of the thermoelectronic emission current by 4 - 5 times more than compared to traditional conditions of mass-spectrometric studies on МИ-1201 devices. Of course, the period of functioning of the cathodes was much reduced and we replaced them for each new experiment.

For evaporation small pieces of glasses of As-S system with the chemical composition of  $As_{10}S_{90}$ ,  $As_{20}S_{80}$ ,  $As_{25}S_{75}$ ,  $As_{33}S_{67}$ ,  $As_{40}S_{60}$  та  $As_{44}S_{56}$  were taken. The glasses were synthesized by cooling of the ampoules with melt in cold water. The evaporation temperatures  $T_e$  of glasses of all chemical compositions were chosen to be

such ones, as to ensure optimal densities of vapour flows in the mass-spectrometer. It was found that values  $T_e$ , which were 30 - 80 K greater than the glass transition temperature of glasses and the same 30 - 80 K lower than the corresponding liquidus temperatures of As-S state diagram, correspond to such conditions. During studies the mass-spectra were recorded only during the base average period of the experiment and unstable initial and final stages of the evaporation process of glasses were not considered.

**Results and their analysis.** The summarized results of various mass-spectrometric studies of the vapour flow during evaporation of As-S chalcogenide glasses are given in Table 1. In the first columns of this table the average arithmetic magnitudes of the intensities of mass-spectra lines obtained in [3 - 9] are presented. While doing this, the averaged intensities were also normalized relative to the highest spectrum line. In the final columns of the table the mass-spectra obtained in our study are given. In addition, for comparison, in the centre of Table 1 the intensities of mass-spectra lines during evaporation of elemental sulfur are also shown. The data of Table 1 for individual atomic particles of the vapour flow have been analyzed.

	Average arithmetic results of [3 -9]						Our results					
	Chemical composition of evaporated glasses											
$T_e, K$	$As_{20}S_{80}$	$As_{25}S_{75}$	$As_{33}S_{67}$	$As_{40}S_{60}$	$As_{44}S_{56}$	S	$As_{10}S_{90}$	$As_{20}S_{80}$	$As_{25}S_{75}$	$As_{33}S_{67}$	$As_{40}S_{60}$	$As_{44}S_{56}$
				460	500	450	400	440	440	470	470	510
Particles	The total mass- spectrometric composition of the vapour phase											
	$As_{28}S_{72}$	$As_{33}S_{67}$	$As_{34}S_{66}$	$As_{44}S_{56}$	$As_{51}S_{49}$	S	$As_{11}S_{89}$	$As_{20}S_{80}$	$As_{24}S_{76}$	$As_{33}S_{68}$	$As_{42}S_{58}$	$As_{45}S_{55}$
The Normalized intensities of the mass-spectrum lines for different vapour components, a.u.												
S	16	33	-	-	-	-	12	10	7	4	4	-
$S_2$	43	37	-	15	10	1	41	39	25	23	17	6
As	90	86	80	44	17	-	15	10	11	12	4	3
$S_3$	27	20	33	-	-	-	39	27	17	8	5	-
AsS	17	22	58	66	100	-	53	52	26	48	100	100
$S_4$	28	14	1	9	-	-	100	34	23	14	3	-
$AsS_2$	5	37	12	3	-	-	87	12	8	9	0	-
$As_2$	13	15	29	28	34	-	-	3	4	13	15	14
$S_5$	25	5	21	-	-	5	53	27	13	5	-	-
$AsS_3$	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-
$As_2S$	20	60	24	37	37	-	0	-	2	10	7	3
$S_6$	12	11	25	7	-	13	47	19	5	5	-	-
$As_2S_2$	47	21	19	35	55	-	-	-	-	-	15	14
$S_7$	16	18	22	9	21	12	34	8	5	2	2	2
$As_3$	-	2	9	-	1	-	-	-	-	-	3	-
$AsS_5$	-	3	28	1	-	-	12	4	6	8	5	2
$As_2S_3$	9	33	25	22	3	-	-	-	5	25	28	6
$S_8$	4	12	13	17	18	100	26	5	5	-	-	-
$AsS_6$	-	4	17	5	-	-	7	6	7	9	7	-
$As_2S_4$	33	35	18	34	19	-	5	100	100	100	77	18
$As_3S_2$	1	13	12	24	16	-	-	-	-	-	8	7
$As_4$	-	-	-	-	66	-	-	-	-	-	2	4
$As_2S_5$	1	2	14	-	-	-	-	3	3	35	25	-
$As_3S_3$	1	7	9	45	21	-	-	-	-	-	4	7
$As_3S_4$	-	-	-	34	52	-	-	-	-	11	31	47
$As_4S_2$	1	6	3	4	-	-	-	-	-	4	5	-
$As_3S_5$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
$As_4S_3$	1	3	20	33	20	-	-	-	-	-	27	13
$As_4S_4$	1	4	16	30	20	-	-	-	-	-	21	21
$As_4S_5$	-	-	-	11	6	-	-	-	-	-	15	7

Table 1. Mass-spectrometric data of the vapour flow during evaporation of As-S chalcogenide glasses

**Clusters with high content of sulfur atoms.** The main group of mass-spectra lines of As-S glasses corresponds to atomic complexes rich in sulfur. Two types of parti-

cles:  $S_n$  and  $AsS_n$ , where  $n = 1 - 8$ , are the most common among these complexes. These clusters are mainly present in vapour flows during evaporation of  $As_xS_{100-x}$  glasses

rich in sulfur. We have not investigated mass-spectra of pure sulfur because it is not stable in the glassy state at room temperature. But during evaporation of various other forms of elemental sulfur within the range of temperatures  $T_e = 300\text{ K} - 900\text{ K}$  the set of all atomic complexes from S to S<sub>8</sub> is observed. The main of them are clusters S<sub>2</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>6</sub> та S<sub>8</sub>. When the boiling temperature is equal to 720 K, their ratio corresponds to 3%, 4%, 34%, 59%. With increasing the evaporation temperature a general pattern of growth in the vapour of a part of individual atoms and simple atomic complexes at the expense of more compound complexes is observed.

Mass-spectra of sulfur-rich glasses of As-S system obtained by us also contain all atomic complexes of S<sub>n</sub> from S to S<sub>8</sub>. But, unlike the elementary sulfur, the mass-spectra lines of all S<sub>n</sub> particles are quite intense and lie in the range from 10 to 100 a. u. At this, for the composition of As<sub>10</sub>S<sub>90</sub> glasses the most intense mass-spectrum line corresponds to the particle S<sub>4</sub>. With the growth of arsenic part in the composition of glasses the intensities of these lines naturally reduce gradually and for As-rich samples in the vapour phase a small quantity of only S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> та S<sub>7</sub> particles appears.

The averaged data of other researchers correlate quite well with our results. But there are a few features in them that are difficult to explain. 1. The concentration of all S<sub>n</sub> complexes changes nonmonotonously with changing the chemical composition of glasses. 2. The intensity of lines of S<sub>7</sub> clusters is practically identical for all investigated glasses from As<sub>20</sub>S<sub>80</sub> to As<sub>45</sub>S<sub>55</sub>, the concentration of sulfur atoms of which is reduced more than twice. 3. The intensity of S<sub>8</sub> cluster lines even increases by four times at the indicated changes in the chemical composition of glasses.

Quite a different behavior with changing the chemical composition of evaporated glasses is typical for AsS<sub>n</sub> particles of the second type. In particular, AsS<sub>3</sub> and AsS<sub>4</sub> complexes have not been reported in most previous studies on evaporation processes of As<sub>x</sub>S<sub>100-x</sub> glasses. In our own experiments only AsS<sub>3</sub> particles were fixed in the vapour phase during evaporation of As<sub>10</sub>S<sub>90</sub> glasses exclusively.

Our experiments also revealed As<sub>2</sub>S<sub>5</sub> clusters in vapour flows of glasses with  $20 \leq x \leq 40$  at.%. Especially intense lines of these particles are seen in mass-spectra of As<sub>33</sub>S<sub>67</sub> and As<sub>40</sub>S<sub>60</sub> glasses. In contrast to our data, previous studies by other authors found such complexes mainly in vapours of glasses only in the vicinity of As<sub>33</sub>S<sub>67</sub> compositions.

It should be noted that in mass-spectra of vapour flows of As<sub>33</sub>S<sub>67</sub> glasses we also constantly recorded a weak line (~ 5 a. u.) of As<sub>3</sub>S<sub>5</sub> atomic particles. In all other studies this particle was not detected.

**Clusters with commensurable content of arsenic and sulfur atoms.** Quite a large number of mass-spectra lines of As<sub>x</sub>S<sub>100-x</sub> glasses corresponds to the complexes in which quantities of sulfur and arsenic atoms are equal or differ by one. One of such AsS clusters is the second main part of vapour flows of the investigated glasses. The intensity of lines of this cluster is high for all glasses and it is maximum for mass-spectra of glasses with a high content of arsenic both for our experiments and other articles.

According to our data the concentration of AsS<sub>2</sub> complexes is high enough only for vapours of As<sub>10</sub>S<sub>90</sub> glasses (the line intensity is 87 a. u.). With the growth of As content in glasses the number of clusters is rapidly declining

and they are already absent for samples with  $x \geq 40$  at.%. According to other researchers AsS<sub>2</sub> atomic particles significantly contribute only into mass-spectra of As<sub>33</sub>S<sub>67</sub> glasses.

In previous papers in mass - spectra of almost all glasses of As-S systems there were recorded quite noticeable lines of As<sub>2</sub>S, As<sub>2</sub>S<sub>2</sub> and As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> clusters (the intensity of lines was within the limits from 10 to 60 a. u.). But our research revealed such clusters only in vapour flows of glasses rich in arsenic (mainly for compositions with  $x \geq 33$  at.%). The intensities of lines of the given particles in our mass- spectra are much smaller (2 - 25 a. u.).

Quite unexpected are the averaged results of previous research as to the content of As<sub>x</sub>S<sub>100-x</sub> clusters with a large number of arsenic atoms: As<sub>3</sub>S<sub>2</sub>, As<sub>3</sub>S<sub>3</sub>, As<sub>4</sub>S<sub>3</sub> and As<sub>4</sub>S<sub>4</sub> in the vapours. These atomic particles were found in the samples of all chemical compositions, beginning with As<sub>20</sub>S<sub>80</sub>. The intensities of their lines in mass-spectra naturally grow with the increase of x, beginning from 1 a. u. and reaching 20 - 40 a. u. In our experiments such clusters are found in vapours of glasses only for  $x \geq 40$  at.%. At this the concentrations of As<sub>4</sub>S<sub>3</sub> and As<sub>4</sub>S<sub>4</sub> clusters are commensurable with the data from previous studies, and the concentrations of As<sub>3</sub>S<sub>2</sub> and As<sub>3</sub>S<sub>3</sub> clusters are almost by an order of magnitude less in comparison with them.

**Clusters with high content of arsenic atoms.** Atomic particles with a large number of As atoms in vapours of As-S system are mainly presented near As<sub>n</sub>, where n varies from 1 to 4. But only As and As<sub>2</sub> lines have significant intensities in mass-spectra. In previous studies a great decrease in the intensity of As lines (from 90 to 17 a. u.) with increasing the arsenic concentration in glasses (from 20 to 45 at.%) is unclear. However, in our experiments, the intensities of As lines in mass-spectra of glasses with the same range of compositions are much lower and change very little within 3 - 10 a. u. Researchers usually indicate [1 - 3], that lines of single arsenic atoms in mass-spectra of As-S glasses appear largely due to dissociation of AsS particles under the influence of an ionizing electron beam. But in this case, mass- spectra must have the appropriate intensity of lines of single sulfur atoms. Moreover, the intensities of f S, As and AsS lines should correlate with each other, which is not observed in the mass-spectra presented by previous researchers.

At the same time, these distinct patterns of lines are typical for the lines of these particles in our mass-spectra of all As-S glasses. In particular, the intensities of sulfur and arsenic lines in them are very close, and the intensities of AsS lines by 5-10 times higher than S and As lines. In addition, a strong increase in the intensity of AsS lines (to 100 a. u.) for the glasses with  $x \geq 40$  at.% is accompanied by the decrease in the intensity of As and S lines to ~ 3 a. u. This indicates to the fact that if dissociation of AsS dimers does occur when the ionization of ionic flow takes place, it does not play a significant role in our experiments.

Close are the results of all studies as to availability of As<sub>4</sub> and As<sub>4</sub>S<sub>2</sub> clusters in vapour flows of As- S materials. At this the lines of As<sub>4</sub> particles are clearly revealed only in mass-spectra of glasses with the compositions in the vicinity of As<sub>44</sub>S<sub>56</sub>. However, in our studies, the intensity of these lines was at the level of 2 - 4 a. u., whereas in previous studies it exceeded 60 a. u.

As<sub>4</sub>S<sub>2</sub> clusters are present in vapours of all investigated As<sub>x</sub>S<sub>100-x</sub> glasses of compositions with 33 ≤ x ≤ 40 at.% (with intensity of lines from 3 to 5 a. u.). But in previous studies a significant concentration of such atomic particles was also revealed in the glasses rich in sulfur (the range of x is from 20 to 25 at.%).

Table. 1 also shows a comparison of the initial chemical composition of glasses before evaporation and the total chemical composition of the vapour flow. As follows from these data, for many previous experiments [3 - 9] the total mass-spectrometric composition of the vapour phase of glasses does not correspond to the chemical composition of initial materials. This averaged vapour flow contains 4 - 8 at.% of arsenic atoms more than compared with the initial glasses. Exceptions are only As<sub>33</sub>S<sub>67</sub> glasses, for which such deviation does not exceed 1 at.% (see Table 1). Unfortunately, the authors of papers indicated above do not give a detailed description of mass-spectrometric experiments by which one could analyze the detected deviations. In our mass-spectrometric studies within the experimental error the total mass-spectrometric composition of the vapour phase coincides with the chemical composition of glasses before evaporation.

It should also be noted that mass-spectra of As-S glasses under evaporation rather strongly vary depending on the preparation conditions of the initial material. This is evidenced by the experimental data obtained both by us and other researchers [1, 2]. However, in all these spectra relatively "stable" vapour particles appear whose parts in mass-spectra are little dependent on the conditions of synthesis of the initial material. These include S, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, AsS<sub>5</sub>, AsS<sub>6</sub>, As<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, As<sub>3</sub>S<sub>4</sub>, As<sub>4</sub>S<sub>4</sub> clusters. At the same time, the parts of many atomic complexes vary greatly during the transition from one sample of glasses to another. Among them are AsS, As<sub>2</sub>, As<sub>2</sub>S, S<sub>7</sub>, S<sub>8</sub>, As<sub>3</sub>S<sub>2</sub>, As<sub>4</sub>S<sub>2</sub>, As<sub>4</sub>S<sub>3</sub>.

The analyzed mass-spectra of As-S glasses are prepared at evaporation temperatures of initial materials from 400 to 600 K, which are by ~ 80 K lower than the melting temperature of appropriate substances. In actual manufacturing condensation processes of amorphous

films the evaporation of initial materials is carried out at higher temperatures of the evaporator (500 - 900 K). It is clear that in such circumstances of evaporation mass-spectra of glasses can sufficiently differ from the considered above. But methodically to investigate them by traditional mass-spectrometry methods is much more difficult.

**Conclusions.** The results of mass-spectrometric studies of evaporation processes of As-S glasses within the range of chemical compositions from As<sub>10</sub>S<sub>90</sub> to As<sub>44</sub>S<sub>56</sub> have been analyzed. It has been revealed that mass-spectra of vapour flows of these glasses have a complicated complex character and contain about three tens of different atomic complexes. But the total mass-spectrometric composition of the vapour phase in the majority of mass-spectroscopic studies does not correspond to the chemical composition of initial materials and is significantly rich in arsenic atoms. This fact is explained by the dependence of the ionization probability of vapour particles by an electron beam of the mass-spectrometer on the size of these particles. With significant increase in the flow density of ionizing electrons the ionization probabilities of different vapour clusters are aligned. Under such circumstances within the experimental error the total mass-spectrometric composition of the vapour phase of As-S glasses coincides with the chemical composition of glasses before evaporation.

The dependences of concentrations of different As<sub>m</sub>S<sub>n</sub> clusters in the vapour flow on the chemical composition of initial As<sub>x</sub>S<sub>100-x</sub> glasses have been studied. The presence of clear correlations in the behavior of these two parameters has been established. Three types of dependencies have been revealed: a) the concentration of some vapour particles decreases with the growth of x; b) the concentration of other particles increases in this case; c) the dependence of concentration of some vapour particles on the parameter x has a dome-like shape.

It has been found that the change in the structural state of initial As-S glasses by changing the technological conditions of their synthesis can cause significant changes in the concentrations of various complexes in mass-spectra.

## REFERENCES

1. Popescu A. Structure modelling of chalcogenide vitreous films by computational chemistry program // Moldavian J. of physical sciences. 2002. №2.
2. A. Popescu, D. Savastru, M. Ciobanu, S. Miclos, V. T. Dolghier, J. Optoelect. Adv. Mater. **13**, 1193 (2011).
3. Martin T.P. Arsenic sulfide clusters // Solid state commun. - 1983. - V.47, №2. - P.111-114.
4. Chern G.C., Zauks J., McGhie A.R. Spin-coated amorphous chalcogenide films: thermal properties // J. Applied Physics. - 1983. - V.54. - №8. - P. 4596-4601.
5. K. White., B. Kumar., K.Rai Amarendra, Effect of deposition rate on structure and properties of As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> films, Thin Solid Films. **161**, 139 (1988).
6. A.S. Pashynkyn, A.D. Molodik, V.I. Belousov, S.S. Strelchenko, V.L. Fedorov, Steam Composition As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Izv. USSR Academy of Sciences. Neorhanycheskye materials. **16**, 1600 (1974).
7. L. Gutzov, I. Avramov, On the mechanism of formation of amorphous condensates from the vapour phase (I). General theory, J. Non-Cryst. Sol. **16**, 128 (1974).
8. A.J. Leadbetter, A.J. Apling, M.F. Daniel, Structure of vapour-deposited amorphous films of arsenic chalcogenides, J. Non-Cryst. Sol. **21**, 47 (1976).
9. A.V. Dalekorey, Sh.Sh. Demesh, V.S. Kovtunenکو, R.O. Meshko, Mass-spectra of Steam Streams During Evaporation of As-S System, Scientific herald of Uzgorod state university: physics. **N31**, 79 (2012).

## Масс-спектры испарения стекол системы As-S

**В. П. Иваницкий, В. С. Ковтуненко, В. С. Мешко, М. М. Рябошук, М. В. Стойка**

**Аннотация.** Исследованы масс-спектры шести различных составов стекол системы As-S при термическом испарении с ячейки Кнудсена в диапазоне температур 400-520 К. Обнаружен сложный комплексный характер паровых потоков данных стекол, которые содержат около трех десятков различных атомных комплексов As<sub>m</sub>S<sub>n</sub> (m = 0 - 4, n = 0 - 8). Повышением плотности потока ионизирующего электронного пучка масс-спектрометра обеспечено совпадение суммарного масс-спектрометрического состава паровой фазы с химическим составом стекол до испарения. Установлено наличие трех типов зависимостей концентраций различных кластеров As<sub>m</sub>S<sub>n</sub> от химического состава исходных стекол: растущих, спадающих и куполообразных. Выявлено влияние технологических условий синтеза стекол As-S на их масс-спектры.

**Ключевые слова:** масс-спектрометрия, мышьяк-сера кластеры, испарение халькогенидов.

## Ковариантные функторы конечной степени и $A(N)R(M)$ пространства

Т. Ф. Жураев

ТГПУ имени Низами  
Corresponding author. E-mail: tursunzhuraev@mail.ru

Paper received 10.10.17; Revised 22.10.17; Accepted for publication 28.10.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-08>

**Аннотация.** В этой статье рассматриваем ковариантные функторы  $F : M \rightarrow M$  имеющие конечные степени сохраняющие  $A(N)R(M)$  - пространства.

**Keywords:** functor, finite degree, absolute retracts, absolute neighborhoods retracts, metrizable spaces dimension, stratifiable spaces, action,  $G$ -spaces. **MSC:** 54B15, 54B30, 54B35, 54C05, 54C15, 54C60, 54D30.

**Введение.** В последнее время интенсивно исследуются ковариантные функторы в категории *Comp*-компактов,  $M$  - метризуемых пространств и непрерывных отображений в эту же категорию.

А так же рассмотрены послойные версии этих результатов. Достаточно полное и подробное изложение имеющихся результатов и нерешенных проблем в этом направлении можно найти в [1,4]. Теория категорий позволяет взглянуть на различные частные операции над пространством с общей точки зрения теории функторов. Послойной версией будем называть теоремы о сохранении свойств слоев отображений быть  $A(N)R(M)$ - пространствами. Следует отметить также, что при минимальных ограничениях на функтор он переводит стягиваемые в стягиваемые. В самом деле, если непрерывная гомотопия  $h_t$  стягивает пространства в точку  $x$ , то непрерывная гомотопия  $F(h_t)$  стягивает пространство  $F(X)$  в множество  $F(\{x\})$ .

В дальнейшем мы предполагаем, что все рассматриваемые функторы мономорфны и сохраняют пересечения [4]. Мы предполагаем также, что все функторы сохраняют непустые пространства. Это ограничение несущественно, поскольку этим мы исключаем из рассмотрения только пустой функтор, т.е. функтор  $F$ , который переводит всякое пространство в пустое множество. В самом деле, пусть  $F(X) = \emptyset$  для какого нибудь непустого бикompакта  $X$ .

Тогда  $F(X) = F(1) = \emptyset$  в силу мономорфности  $F$ . Пусть теперь  $Y$  - произвольный непустой бикompакт. Рассмотрим постоянное отображение  $f : Y \rightarrow 1$  тогда  $F(f)(F(f)) \subset F(1) = \emptyset$ . Следовательно, пространство  $F(Y)$  пусто, поскольку оно отображается в пустое множество. Итак, мы доказали, что существует единственный мономорфный функтор, сохраняющий непустые множества.

Пусть  $F : Comp \rightarrow Comp$  - функтор. Через  $C(X, Y)$  обозначается пространство непрерывных отображений из  $X$  и  $Y$  в бикompактно-открытой топологии. В частности,  $C(\{k\}, Y)$  естественно гомеоморфно  $k$ -ой степени  $Y^k$  пространства  $Y$ .

Отображению  $\xi : \{k\} \rightarrow Y$  ставится в соответствие точка  $(\xi(0), \dots, \xi(k-1)) \in Y^k$ .

Для функтора  $F$ , бикompакта  $X$  натурального числа  $k$ , определим отображение  $\pi_{F,X,k} : C(\{k\}, X) \times F(\{k\}) \rightarrow F(X)$  равенством  $\pi_{F,X,k}(\xi, a) = F(\xi)(a)$  где  $\xi \in C(\{k\}, X), a \in F(\{k\})$ .

Когда ясно, о каком функторе и о каком бикompакте  $Y$  идет речь, мы будем отображение  $\pi_{F,X,k}$  обозначать через  $\pi_{X,k}$  или  $\pi_k$ .

По теореме Е.В.Щепина [4], отображение  $F : C(Z, Y) \rightarrow F(F(Z), F(Y))$  непрерывно для всякого непрерывного функтора  $F$  и бикompактов  $Z$  и  $Y$  Поэтому имеет место.

**Предложение 1[4].** Для непрерывного функтора  $F$ , бикompакта  $X$  и натурального числа  $k$  отображение  $F_{\pi_{F,X,k}}$  непрерывно.

Определим подфунктор  $F_k$  функтора  $F$  следующим образом: для бикompакта  $X$  пространство  $F_k(X)$  есть образ отображения  $\pi_{F,X,k}$ , а для отображения  $f : A \rightarrow X$  отображение  $F_k(f)$  есть сужение отображения  $F(f)$  на  $F_k(f)$ . Из легко проверяемой коммутативности диаграммы

$$\begin{array}{ccc} C(\{k\}) \times F(\{k\}) & \xrightarrow{\bar{f} \times id} & C(\{k\}, Y) \times F(\{k\}) \\ \pi_{X,k} \downarrow & & \downarrow \pi_{X,k} \\ F(X) & \xrightarrow{F(f)} & F(Y) \end{array}$$

где  $\bar{f}(\xi) = f \circ \xi$  вытекает вложение  $F(f)(F_k(X)) \subset F_k(Y)$  и, следовательно, функториальность конструкции  $F_k$ .

Функтор  $F$  называется функтором степени  $n$ , если  $F_n(X) = F(X)$  для всякого бикompакта  $X$ , но  $F_{n-1}(X) \neq F(X)$  для некоторого  $X$ .

Пусть  $X$  - некоторый бикompакт;  $F$  - некоторый нормальный функтор и  $a \in F(X)$ . Степенью точки  $a$  называется такое наименьшее натуральное число  $n$ , что  $a$  принадлежащий образу  $F(f)$  для некоторого отображения  $f : K \rightarrow X$   $n$ -точечного пространства  $K$ . Если такое конечное число  $n$  не существует, то степень точки  $a$  считается бесконечной.

Степенью функтора  $F$  называется максимум степеней всевозможных точек  $x \in F(X)$  для всевозможных бикомпактов  $k$  [4]. Данная работа является продолжением работы [8], в котором исправляются некоторые пробелы.

**Основная часть.** Стратифицируемые (кружевные) пространства [10] кратко будем обозначать  $S$ -пространством.

**Теорема 1.** Пусть  $F$  такой непрерывный, монотонный, сохраняющий пересечение, пустое множество и точку, функтор степени  $n$ , что отображение  $\pi_{F,X,n}$  замкнуто, причем  $F(n)$  компакт. Тогда  $F$  сохраняет  $S$ -пространства.

**Доказательство.** Пусть  $X$  есть  $S$ -пространство. Из приведенного имеем, что пространство  $F(X)$  представляется как непрерывный замкнутый образ пространства  $X^n \times F(n)$  при отображении  $\pi_{F,X,n}$ . Из результатов работы [10] следует, что  $X^n \times F(n)$  есть  $S$ -пространство, как произведение  $S$ -пространств  $X^n$  и  $F(n)$ . В силу замкнутости отображения  $\pi_{F,X,n}$  и конечной степени функтора  $F$  по теореме [10] получим, что  $F(X)$  есть  $S$ -пространство. Теорема 1 доказано.

Верно и следующее.

**Следствие 1.** Пусть  $F$  такой непрерывный, монотонный сохраняющий пересечение, пустое множество и точку функтор степени  $n$ , что отображение  $\pi_{F,X,n}$  совершенно, причем  $F(n)$  метризуемый компакт. Тогда  $F$  сохраняет метризуемые пространства.

**Теорема 2.** Пусть функтор  $F$  удовлетворяет условиям теоремы 1 и  $F(n)$  конечномерно. Тогда функтор  $F$  сохраняет конечномерные  $S$ -пространства. Более того верно неравенство:  $\dim F(X) \leq n \dim X + \dim F(n)$ .

**Доказательство.** Пусть  $X$  есть  $S$ -пространство и  $\dim X < \infty$  из теоремы 1 имеем, что  $F_n(X)$  тоже  $S$ -пространство. Значит,  $F_n(X)$  совершенно нормальный паракомпакт. Пусть  $\pi_{F,X,n}$  описанное выше непрерывное отображение. Индукцией по степени функтора  $F_n$  положим, что  $\dim F(X) \leq n \dim X + \dim F(n)$ .

При  $n=1$  это неравенство справедливо, так как  $F_1(X) \square X_1 \times F(1) \square X$ . Пусть неравенство  $\dim F_{n-1}(X) \leq (n-1) \dim X + \dim F_{n-1}(n-1)$  доказано. Сначала покажем, что  $rd_{F(X)}(F_n(X) \setminus F_n(X)) \leq n \dim X + \dim F(n)$ , где  $rd_X A$  – относительная размерность подпространства  $A$  в пространстве  $X$  [5]. Подпространства  $F_n(X) \setminus F_{n-1}(X)$  тоже  $S$ -пространство, следовательно, паракомпактно. Пространство  $F_n(X)$  в точках множество  $F_n(X) \setminus F_{n-1}(X)$  локально гомео-

морфно открытому подмножеству произведения  $X^n \times F(n)$ .

Для произведения  $X^n \times F(n)$  верно:

$\dim(X^n \times F(n)) = n \dim X + \dim F(n)$  [9]. Из теоремы 21 Даукера-Нагами [5] получим, что

$$rd_{F(X)}(F_n(X) \setminus F_n(X)) \leq n \dim X + \dim F(n).$$

Тогда применяя другую теорему 15[5] Даукера получим, что  $\dim F_n(X) = n \dim X + \dim F(n)$ . Теорема 2 доказана.

**Теорема 2'.** Если выполнены условия теоремы 2 и функтор сохраняет прообразы, то  $F$  послойно сохраняет конечномерные  $S$ -пространства.

**Доказательство.** Пусть  $f: X \rightarrow Y$  непрерывное отображение между регулярными пространствами. Из того, что функтор сохраняет прообразы отображений, имеем

$$(F(f))^{-1}(b) \in (F(f))^{-1}(F(\text{supp}_F(b))) = F(f^{-1}(\text{supp}_F(b))),$$

где  $b \in F(Y)$ . Из теоремы 2 вытекает, что  $\dim F(f^{-1}(\text{supp}_F(b))) < \infty$ . Теорема 2' доказано.

Верны следующие.

**Теорема 3.** Если выполнены условия следствия 1. Тогда функтор  $F$  сохраняет конечномерные метрические пространства.

**Теорема 4.** Если выполнены условия теоремы 3 и функтор  $F$  сохраняет прообразы отображений, то  $F$  послойно сохраняет конечномерные метрические пространства.

**Теорема 5.** Пусть  $F$  – непрерывный, монотонный, сохраняющий конечные пересечения, пустое множество и метрические пространства функтор степени  $n$ . Если  $F(n)$  есть конечномерный метризуемый компакт и  $F(k) \in ANR$  для  $k=1,2,\dots,n$  то функтор  $F$  сохраняет  $ANR(\mathbf{M})$  пространства и конечномерные  $ANR(\mathbf{M})$  пространства.

**Доказательство.** Пусть  $X \in ANR(\mathbf{M})$  пространство. В силу теоремы 3 достаточно доказать, что  $F$  сохраняет  $ANR(\mathbf{M})$  пространства. По условию теоремы 5, если  $X$  метризуемо, то  $F(X)$  метризуемо. С другой стороны  $X^k \times F(k)$  метризуемо,  $\pi_{X,F,k}: X^n \times F(k) \rightarrow F_k(X)$  выше описанное непрерывное отображение и  $(\pi_{F,X,k})^{-1}(F_k(X)) = X^k \times F(k)$ .

Индукцией по степени функтора  $F$  докажем, что  $F(X) \in ANR(\mathbf{M})$ . При  $k=1$  это утверждение справедливо, так как пространство  $F_1(X)$  гомеоморфно пространству  $X \times F(1) \approx X$ . Пусть доказано, что  $F_{k-1}(X) \in ANR(\mathbf{M})$ .

Теперь рассмотрим произведение  $Z = C(k, X) \times F(k)$ , на пространстве  $Z$  определим действие группы подстановок  $S_k \subset C(k, k)$  (гомоморфизмов пространства  $k$ ) [11] следующим образом: для  $\sigma \in S_k$  положим

$\psi(\sigma)(\eta, \rho) = (\eta)\psi(\sigma)(\eta, \rho) = (\eta\rho^{-1}, F(\sigma(\rho)))$ , где  $\eta \in C(k, k)$ ,  $\rho \in F(k)$ . Теперь покажем, что пространство  $Z$  с действием группы  $G = S_k$  является  $G-ANR(\mathbf{M})$  - пространством. Рассмотрим  $C(k, X)$  первый сомножитель произведения  $Z = C(k, X) \times F(k)$ . Из следующего результата работы [6].

**Теорема 3.3.20[6].** Пусть  $X$  -метризуемое  $G$  - пространство и хотя бы  $X$  или  $C$  обладает счетной базой. Если  $X = G-ANR$  (соответственно  $X = G-AR$ ) тогда  $C(G, X) \in G-ANR(\mathbf{M})$  (соответственно  $C(G, X) \in G-AR(\mathbf{M})$ ).

Пространство  $C(k, X)$  с действием группы  $G = S_k$  есть  $G-ANR(\mathbf{M})$  пространство [6].

Теперь рассмотрим второй сомножитель  $F(k)$  произведения  $C(k, X) \times F(k)$ , на котором определено действие группы  $G = S_k$ . Это действие, по определению, непрерывно. По условию теоремы, для любого  $k$  пространство  $F(k)$  есть конечномерный компакт.

$$\begin{array}{ccccc}
 \psi(\sigma) : S_k \times (C(k, X) \times F(k)) & \rightarrow & C(k, X) \times F(k) & \rightarrow & T = C(k, X) \times F(k) / S_k \\
 (*) \quad \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 & \xrightarrow{\pi_{F, X, k}(\psi(\sigma))} & F_k(X) & \xleftarrow{\rho} & 
 \end{array}$$

Положим  $T' = \rho^{-1}(F_{k-1}(X))$ ,  $\rho' = \rho_T$ . Тогда пространство  $F_k(X)$  гомеоморфно присоединенному пространству из пространств  $T$  и  $F_{k-1}(X)$  по отображению

$$\begin{array}{ccc}
 \rho' : T' \rightarrow F_{k-1}(X), & \text{т.е.} \\
 F_k(X) \cong T \cup_{\rho'} F_{k-1}(X).
 \end{array}$$

Значит, следующая диаграмма тоже коммутативна.

$$\begin{array}{ccccc}
 \psi(\sigma) : S_k \times (C(k, X) \times F(k)) & \rightarrow & C(k, X) \times F(k) & \rightarrow & T = C(k, X) \times F(k) / S_k \subset T' \\
 (***) \quad \downarrow & & \downarrow \pi_{F, X, k, \rho} & & \downarrow \pi_{F, X, k, \rho} \\
 & \xrightarrow{\pi_{F, X, k}(\psi(\sigma))} & F_k(X) & \supset & F_{k-1}(X) \xleftarrow{\rho'}
 \end{array}$$

Если мы покажем, что  $T', T, F_{k-1}(X) \in ANR(\mathbf{M})$ , то из следующего результата Химана:

**Теорема 1.1.1 [13].** Пусть  $\varphi : A \rightarrow Y$  непрерывное отображение и  $A$  замкнутое  $X$ . Если  $A, X$  и  $Y \in ANR(\mathbf{M})$ , тогда  $X \cup_{\varphi} Y \in ANR(\mathbf{M})$ .

Из этого будет вытекать, что  $F_k(X) \in ANR$ . По предположению индукции  $F_{k-1}(X) \in ANR(\mathbf{M})$ , пространство орбит  $T$  есть  $G-ANR(\mathbf{M})$ -пространство.

В силу следующего результата:

**Теорема [7].** Пусть  $X$  -метризуемое  $G$  - пространство и хотя бы  $X$  или  $G$  обладает счетной базой. Пусть, далее  $H$  - замкнутая нормальная

$$H = C(k, X) \times F_{k-1}(k), H_{\alpha, \beta} = \{\eta : \eta \in C(k, X), \eta(\alpha) = \eta(\beta)\} \times F(k)$$

Из результатов Флойда [12] имеем, что пространства  $F(k)$  и  $F(k) / G$  есть  $G-ANR(\mathbf{M})$  - пространства для любого  $k \in N$ . В итоге мы получаем, что для любого конечного числа  $k \in N$  произведение  $Z = C(k, X) \times F(k)$  есть  $G-ANR(\mathbf{M})$  - пространство, так как сомножители являются  $G-ANR(\mathbf{M})$ -пространствами. Положим

$$Z' = \pi_{F, X, k}^{-1}(F_{k-1}(X)).$$

Если функтор имеет степень  $n$ , то  $F_n(X) = F(X)$ . Пусть  $T = Z / S_k$  пространство орбит пространства  $Z$  по данному действию группы  $S_k$ , а  $\gamma : Z \rightarrow T$  -соответствующее факторное отображение. Очевидно, что для любого  $\sigma \in S_k$  имеет место равенство  $\pi_{F, X, k} \circ \psi(\sigma) = \pi_{F, X, k}$ . В силу этого равенства существует такое непрерывное отображение  $\rho : T \rightarrow F_k(X)$ , что  $\rho \circ \gamma = \pi_{F, X, k}$ . Имеем следующую коммутативную диаграмму:

подгруппа группы  $G$ ,  $X = G-ANR$  (соответственно  $X = G-AR$ ). Тогда  $X / H = G-ANR$  (соответственно  $X / H = G-AR$ ). В частности,  $X / G \in ANR$  (соответственно  $X / G \in AR$ ).

Следует, что для включения  $T \in ANR(\mathbf{M})$  достаточно проверить включение  $Z' \in S_k-ANR(\mathbf{M})$ . Из монотонности функтора  $F$  имеем

$$Z' = H \cup \cup \{H_{\alpha, \beta} : \alpha, \beta \in k, \alpha \neq \beta\},$$

где

Чтобы доказать, что  $Z' \in G-ANR$ , согласно теореме 7.3 [14] достаточно убедиться в том, что пересечение любого подсемейства  $\{X_{\alpha,i} : i = \overline{1,n}\}$  семейства  $\{H\} \cup \{H_{\alpha,\beta}\}$  является  $G-ANR(M)$  пространством. Очевидно, что всякое такое пересечение гомотопно произведению  $C(n_0, X)$  для

Некоторого  $n_0 \leq k$  на одно из пространств  $F(k)$  или  $F_{K-1}(k)$ . Поэтому согласно выше приведенным рассуждениям, эти пространства являются  $G-ANR(M)$  пространствами. Теорема 5 доказана.

Верны и следующие.

**Теорема 4'.** Пусть функтор удовлетворяет условиям Теоремы 5 и сохраняет прообразы, для любой точки  $p \in F(K)$  и множества  $\Omega \subset C(k, k)$  пересечений  $\bigcap \{F(\omega)^{-1}(p) : \omega \in \Omega\}$  является  $ANR$  компактом, то  $F$  послойно сохраняет  $A(N)R(M)$  пространства.

**Следствие 2.** Пусть  $G$  – непрерывный, мономорфный, сохраняющий метризуемые пространства,

конечные пересечения, точку и пустое множество функтор степени  $n$ , причем  $G(n)$  есть полиэдр допускающий такую триангуляцию, что для всякого  $\omega \in C(n, n)$  отображение  $F(\omega)$  симплициально в этой триангуляции. Тогда для подфунктора  $F$  функтора  $G$  заключения теоремы 3-5 справедливы тогда и только тогда, когда  $F(n)$  локально стягиваемо.

**Следствие 3.** Пусть  $F$  – непрерывный, мономорфный, сохраняющий конечные, метризуемые пространства, точку и пустое множество функтор степени  $n$ , причем  $F(n)$  конечно. Тогда для функтора  $F$  справедливы заключения теоремы 3-5.

**Следствие 2'.** Пусть функтор  $G$  удовлетворяет условиям следствия 2 и сохраняет прообразы. Тогда для функтора  $F$  заключения теоремы 5 справедливы в том и только в том случае,  $F(n)$  локально стягиваемо.

**Следствие 3'.** Если функтор  $F$  удовлетворяет условия следствия 3 и сохраняет прообразы, то для функтора  $F$  справедливо заключение теоремы 4'.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федорчук В.В. Ковариантные функторы в категории компактов, абсолютные ретракты и  $Q$ -многообразия Успехи матем. наук. М. 1981. Т.36. вып.3. С 177-195
2. Федорчук В.В. О некоторых геометрических свойствах ковариантных функторов Успехи матем. наук. М. 1984. Т.39. вып.3. С 169-208
3. Богатый С.А., Федорчук В.В. Теория ретрактов и бесконечномерные многообразия. Итоги науки и техники. Алгебра. Топология. Геометрия, 1986. Т.25. С 195-270
4. Щепин Е.В. Функторы и несчетные степени компактов Успехи матем. наук. М. 1981. Т.36. № 3. С 3-62
5. Александров П.С., Пасынков Б.А. Введение в теорию размерности. М. наука, 1973. 575 С.
6. Антонян С.А. Пространства отображений – эквивариантные абсолютные экстензоры Вестник МГУ. Сер. мех.-мат. М. 1981. № 6. С 22-25
7. Антонян С.А. Ретракционные свойства пространства орбит. Матем. сб., 137 (179), 1988. № 3. С 300-318.
8. Жураев Т.Ф. О ковариантных функторах конечной степени, сохраняющих  $ANR(M)$  пространства. Доклады Болг. АН, 1990. Т.43. –№ 9. С 5-8
9. Жураев Т.Ф. Размерность паракомпактных  $\sigma$ -пространств и функторы конечной степени. Доклады АН Республики Узбекистан. Т. 1992. № 4-5. С 15-18
10. Borges C.R. On stratifiable spaces Pacific J. Math., 17, 1966. №1. p.p.1-17
11. Бредон Г. Введение в теорию компактных групп преобразований. М. «Наука», 1980. 440 с.
12. Floyd E.E. Orbit spaces of finite transformation groups II. Duke Math. J., 22, 1955. №1. p.p. 33-38.
13. Hyman D.M. A category slightly larger than the metric and CW-categories Pasific jor.Math., 1967, 23, №2, с.263-271.
14. Murayama M. On G-ANR's and their G-homotopy types Osaka J. Math., 20, 1983. p.p. 479-512

#### REFERENCES

1. Fedorchuk V.V. Kovariantni funktoiry v katehoriyi kompaktiv, absolutni retrakty ta riznomanittya. Uspikhy matematyky. nauk.M. 1981. T.36. vyp.3. S 177-195
2. Fedorchuk V.V. Pro deyaki heometrychnykh vlastyivostyakh kovariantnykh funktoiriv. Uspikhy matematyky. nauk. M. 1984. T.39. vyp.3. S 169-208
3. Bohatyy S.A., Fedorchuk V.V. Teoryya retraktov i beskonechnomernykh mnohoobrazyy. Itohy nauky i tekhniki. Alhebra. Topo-lohyya. Neometryya, 1986. T.25. S 195-270
4. Shchepyn YE.V. Funktoiry ta nechyslenni stupeni kompaktiv Uspikhy matem. nauk. M. 1981. T.36. № 3. S 3-62
5. Aleksandrov P.S., Pasyukov B.A. Vvedennyya v teoriyu rozmiriv. M. nauka, 1973. 575 S.
6. Antonyan S.A. Prostranstva otobrazhen' - ekvivalentni absolutni ekstenzory Visnyk MHU. Ser. mekh.mat. M. 1981. № 6. S 22-25
7. Antonyan S.A. Retraksiyni vlastyivosti prostoru orbit. Matem. sb., 137 (179), 1988. № 3. S 300-318.
8. Zhuraev T.F. Pro kovariantnykh funktoirakh kintsevoyi stupenya, shcho zberihayut' prostir. Dopovidi Bolh. AN, 1990. T.43. № 9. S 5-8
9. Zhuraev T.F. Rozmirmist' parakompaktnykh prostoriv ta funktoiriv kintsevoyi stupenya. Dopovidi AN Respubliki Uzbekystan. T. 1992. № 4-5. S 15-18
10. Borkhes K.R. Pro stratifikovanykh prostorakh Tykhookheans'koho Dzh. Mat., 17, 1966. №1. r.r.1-17
11. Bredon H. Vvedennyya v teoriyu kompaktnykh hrup peretvoren'. M. «Nauka», 1980. 440 s.

#### Covariant functors of finite degree and of A(N)R(M) space

T. F. Zhuraev

In this paper we describe covariant functors  $F: M \rightarrow M$  having finite powers that preserve  $A(N)R(M)$ -spaces.

**Keywords:** functor, finite degree, absolute retracts, absolute neighborhoods retracts, metrizable spaces dimension, stratifiable spaces, action,  $G$ -spaces. MSC: 54B15, 54B30, 54B35, 54C05, 54C15, 54C60, 54D30.



## INFORMATION TECHNOLOGIES

## Модель забезпечення якості тематичного планування книжкових видань

О. І. Осінчук, І. В. Піх, В. М. Сеньківський

Українська академія друкарства, м. Львів, Україна  
Corresponding author. E-mail: mag\_oks@ukr.net

Paper received 04.12.17; Revised 09.12.17; Accepted for publication 10.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-09>

**Анотація.** Побудовано семантичну мережу факторів тематичного планування та описано функціональні зв'язки між ними засобами мови предикатів. Наведено ієрархічну схему багаторівневих впливів для фактора «вид видання». Встановлено рівні пріоритетності дії факторів на тематичне планування за методом ранжування. Наведено математичні залежності, на підставі яких розраховано ранги виокремлених факторів. Результати дослідження відображено у вигляді багаторівневої моделі вагових значень пріоритетного впливу факторів на якість тематичного планування книжкових видань.

**Ключові слова:** тематичне планування, фактори, модель, семантична мережа, мова предикатів, ієрархія, метод ранжування, матриця, рівень пріоритетності.

**Вступ.** Для ефективного виконання додрукарської підготовки книжкових видань потрібно забезпечити якість складових процесів. Першочерговим є планування, а саме – тематичне планування майбутньої друкованої продукції [1].

Поняття планування передбачає визначення головних напрямів і пропорцій випуску видавничої продукції з урахуванням можливостей задоволення попиту книжкового ринку. Під час планування формують критерії щодо перспектив і стратегії розвитку видавництва, визначають основні завдання, послідовність і терміни досягнення цілей, враховують можливості матеріальних, трудових та фінансових ресурсів. Тематичне планування має продовження у виробництві і технології створення та реалізації видавничого продукту, становлячи невід'ємну частину загального планування у видавництві.

**Короткий огляд публікацій за темою.** Проблематика, пов'язана з додрукарськими процесами, а саме з плануванням, відображена у працях, присвячених: критеріям попиту на книгу [2]; факторам впливу на якість видань [3]; проектуванню додрукарських процесів [4]; теоретичним основам забезпечення якості видавничо-поліграфічних процесів [5].

**Мета.** На основі класифікаційної моделі факторів додрукарської підготовки видань [6] дослідити більш ґрунтовно процес тематичного планування книжкової продукції. Реалізація поставленого завдання пов'язана з необхідністю: побудови вихідної графічної моделі зв'язків між факторами, дотичними до вказаного процесу, у вигляді семантичної мережі; встановлення рангів факторів за розрахованими ваговими значеннями; побудови багаторівневої моделі пріоритетного впливу факторів на якість тематичного планування книжкових видань.

**Методи і результати дослідження.** У процесі дослідження виокремлено найістотніші фактори, що впливають на якість додрукарської підготовки видань, зокрема при тематичному плануванні [6]. Нехай вони утворюють певну множину  $T = \{t_1, t_2 \dots t_n\}$ . Тоді процес планування можна описати деякою функцією з аргументами, що служитимуть підмножиною множини  $T$ , тобто  $TP = F(t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6)$ . Аргументи функції  $TP$ , які вважатимемо факторами процесу тематичного планування, відобразимо у таблиці 1.

Для подальшого опису використаємо елементи логіки предикатів [7], на підставі чого здійснимо побудову

семантичної мережі [8] зв'язків між факторами. Семантична мережа служитиме вихідною інформаційною базою – основою дослідження окремих процесів етапу додрукарської підготовки книжкових видань. Застосування вибраних засобів забезпечить компактність та візуальну наочність подання зв'язків між факторами впливу на тематичне планування, упорядкує відношення між ними, уможливить застосування лінгвістичних способів опису знань щодо досліджуваного процесу та використання математичного апарату для розрахунку вагових значень факторів і, як результат, визначення їх рангів. Як наслідок, надалі можна використовувати отримані результати для прогностичного оцінювання та забезпечення якості додрукарської підготовки книжкових видань на основі методів і засобів нечіткої логіки.

**Таблиця 1.** Фактори якості тематичного планування книжкових видань

Математичне позначення	Назва
$t_1$	Вид видання
$t_2$	Категорія читача
$t_3$	Визначення попиту
$t_4$	Вибір тиражу
$t_5$	Структура
$t_6$	Термін випуску

Семантична мережа факторів якості тематичного планування подана на рис. 1.

Використовуючи мову предикатів, функціональні зв'язки між факторами подамо таким чином:  $(\forall t_i) [\exists (t_1 \text{ вид видання}) \leftarrow \text{стає основою } (t_1, t_2) \wedge \text{формує } (t_1, t_3) \wedge \text{враховується } (t_1, t_4) \wedge \text{визначає } (t_1, t_5) \wedge \text{передбачає } (t_1, t_6)]; (\forall t_i) [\exists (t_2 \text{ категорія читача}) \leftarrow \text{стає основою } (t_2, t_1) \wedge \text{формує } (t_2, t_3) \wedge \text{враховується } (t_2, t_4) \wedge \text{визначає } (t_2, t_5)]; (\forall t_i) [\exists (t_3 \text{ визначення попиту}) \leftarrow \text{формує } (t_3, t_2) \wedge \text{формує } (t_3, t_1) \wedge \text{впливає } (t_3, t_5) \wedge \text{бере за основу } (t_3, t_4)]; (\forall t_i) [\exists (t_4 \text{ вибір тиражу}) \leftarrow \text{враховується } (t_4, t_1) \wedge \text{враховується } (t_4, t_2) \wedge \text{бере за основу } (t_4, t_3) \wedge \text{впливає } (t_4, t_6)]; (\forall t_i) [\exists (t_5 \text{ структура}) \leftarrow \text{визначає } (t_5, t_1) \wedge \text{визначає } (t_5, t_2) \wedge \text{впливає } (t_5, t_3) \wedge \text{визначає } (t_5, t_6)]; (\forall t_i) [\exists (t_6 \text{ термін випуску}) \leftarrow \text{передбачає } (t_6, t_1) \wedge \text{впливає } (t_6, t_4) \wedge \text{визначає } (t_6, t_5)].$

На підставі семантичної мережі для кожного з факторів будуються ієрархічні дерева зв'язків з іншими факторами, враховуючи впливи і залежності обох типів –

прямі та опосередковані. Приклад такого графа для фактора «вид видання» наведено на рис. 2.

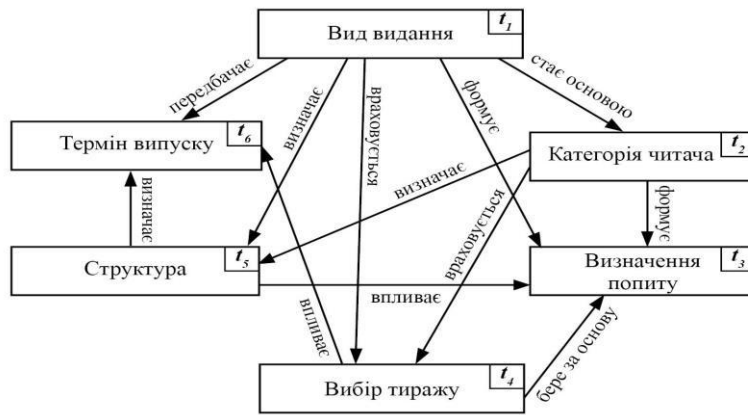


Рисунок 1. Семантична мережа факторів якості тематичного планування книжкових видань

Наступним кроком буде встановлення вагових рангів факторів та рівнів пріоритетності їх впливу на процес тематичного планування книжкових видань з використанням методу ранжування [9].

Розраховуємо сумарні вагові значення прямого та опосередкованого впливів факторів та їх інтегральні залежності від інших факторів [10].

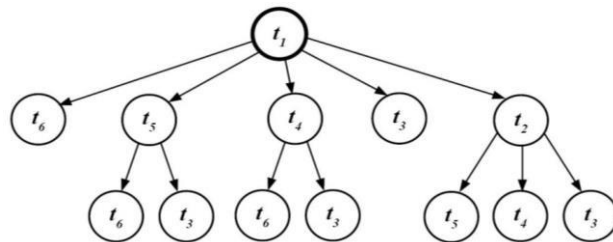


Рисунок 2. Граф ієрархічних багаторівневих впливів на прикладі фактора  $t_1$  – вид видання.

Таблиця 2. Розрахункові дані ранжування факторів тематичного планування

Номер фактора $j$	$k_{1j}$	$k_{2j}$	$k_{3j}$	$k_{4j}$	$S_{1j}$	$S_{2j}$	$S_{3j}$	$S_{4j}$	$S_{Fj}$	Ранг фактора	Рівень пріоритетності
1	5	4	0	0	50	20	0	0	120	5	1
2	3	2	1	0	30	10	-10	0	80	4	2
3	0	0	4	2	0	0	-40	-10	0	1	5
4	2	0	2	1	20	0	-20	-5	45	3	3
5	2	0	2	1	20	0	-20	-5	45	3	3
6	0	0	3	2	0	0	-30	-10	10	2	4

Введемо такі позначення: нехай  $k_{ij}$  – кількість впливів ( $i = 1$  – прямих,  $i = 2$  – опосередкованих) і залежностей ( $i = 3$  – прямих;  $i = 4$  – опосередкованих) для  $j$ -го фактора ( $j = 1, \dots, n$ );  $w_i$  – вага  $i$ -го типу, а саме:  $w_1 = 10, w_2 = 5, w_3 = -10, w_4 = -5$  умовних одиниць. Також сумарні вагові величини позначимо через  $S_{ij}$ . Тоді отримаємо такі розрахункові формули:

$$S_{ij} = k_{ij} w_i \quad (i = 1, 2, 4; j = 1, \dots, n), \quad (1)$$

де  $n$  – номер фактора.

Для конкретної семантичної мережі рис. 1 з огляду на (1) отримаємо:

$$S_{ij} = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^6 k_{ij} w_i \quad (2)$$

Якщо для певного фактора один з типів зв'язку відсутній, то його значення  $k_{ij}$  у виразі (2) буде рівним нулю.

Наведена формула дає змогу отримати вагові значення ранжування з врахуванням різних типів зв'язків.

Оскільки  $k_{3j} < 0$  та  $k_{4j} < 0$ , то для отримання додатних сумарних вагових значень трансформуємо формулу (2) до такого вигляду:

$$S_{Fj} = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^6 k_{ij} w_i + \max |S_{3j}| + \max |S_{4j}|. \quad (3)$$

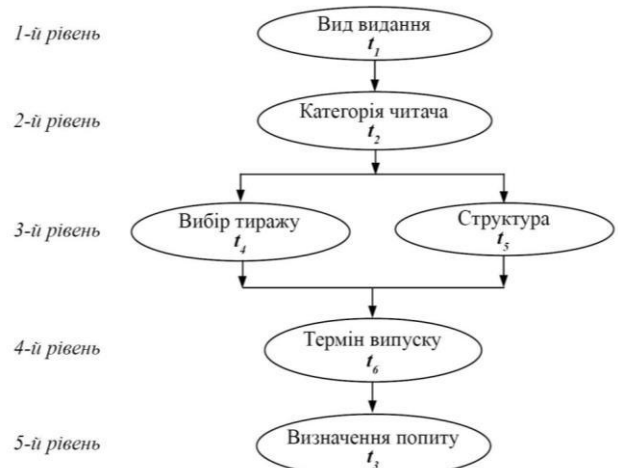


Рисунок 3. Багаторівнева модель вагових значень факторів якості тематичного планування книжкових видань

У результаті отримуємо таблицю 2 для встановлення рангів факторів.

Оскільки  $\max |S_{3j}| = 40$ ,  $\max |S_{4j}| = 10$  (табл. 2), то ці величини сумуємо. Отримане підсумкове значення додається до вмісту колонок  $S_{1j}$ ,  $S_{2j}$ ,  $S_{3j}$ ,  $S_{4j}$ . Дістаємо  $S_{Fj}$  – основу для встановлення рангів факторів та, зрештою, і рівнів пріоритетності впливу на тематичне планування.

У підсумку будуємо багаторівневу модель вагових значень факторів якості тематичного планування книжкових видань рис. 3, використовуючи дані колонки «Рівень пріоритетності» табл. 2.

**Висновки.** У результаті дослідження побудовано семантичну мережу зв'язків між факторами тематичного планування. За методом ранжування розраховано ранги виокремлених факторів та визначено рівні пріоритетного впливу вказаних чинників на процес планування друкованої продукції. Синтезовано багаторівневу модель вагових значень факторів, яка може стати підставою для проектування і розрахунку альтернативних варіантів реалізації процесу тематичного планування видань та прогностичного оцінювання засобами нечіткої логіки якості додрукарського підготування книжкової продукції.

#### ЛІТЕРАТУРА

- Осінчук О. І. Процес планування в додрукарській підготовці видання / О. І. Осінчук // Квалілогія книги: матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. конф., 26 травня. – Львів : УАД, 2017. – С. 82-84.
- Сеньківський В. М. Модель ієрархії критеріїв попиту на книги / В. М. Сеньківський, О. В. Мельников, Т. В. Олянишен; Укр. акад. друкарства // Наук. зап. – 2008. – № 1. – С. 155-162.
- Сеньківський В. М. Модель ієрархії критеріїв якості книжкових видань / В. М. Сеньківський; Укр. акад. друкарства // Наук. зап. – 2007. – № 1. – С. 73-80.
- Предко Л. С. Проектування додрукарських процесів : навч. посіб. / Л. С. Предко. – Львів : Укр. акад. друкарства, 2009. – 352 с.
- Сеньківський В. М. Теоретичні основи забезпечення якості видавничо-поліграфічних процесів (Частина 1: Вступні загальні засади) / В. М. Сеньківський, І. В. Піх, Н. С. Сеньківська; Укр. акад. друкарства // Наук. зап. – 2016. – № 1. – С. 22-

- 31.
- Сеньківський В. М. Класифікація факторів додрукарських процесів / В. М. Сеньківський, О. І. Осінчук; Укр. акад. друкарства // Наук. зап. – 2017. – № 1. – С. 60–67.
- Матвеев В. Представлення знань з використанням логіки предикатів [Електронний ресурс] – Режим доступу: matveev.kiev.ua/exprt/t\_4.pdf
- Матвеев В. Семантичні мережі [Електронний ресурс] – Режим доступу: matveev.kiev.ua/exprt/t5.pdf
- Сеньківський В. М. Математичне моделювання процесу ранжування факторів / В. М. Сеньківський, І. В. Піх // Моделювання та інформаційні технології. – Вип. № 69. – К. : ІПМЕ НАНУ, 2013. – С. 142-146.
- Петрів Ю. І. Аналітичний розрахунок вагових коефіцієнтів факторів технологічного процесу / Ю. І. Петрів // Тези доп. наук.-техн. конф. проф.-викл. складу, наук. працівн. і асп. – Львів : УАД, 2014. – С. 124.

#### REFERENCES

- Osinchuk, O. I. (2017). Protses planuvannia v dodrukarskii pidhotovtsi vydannia. Kvalilohija knyhy : materialy IX Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 26 travnia [Ukrainska akademiia drukarstva], Lviv, 82-84 (in Ukrainian).
- Senkivskyy, V. M., Melnykov, O. V. & Oliyanyshen, T. V. (2008). Model iierarkhii kryteriiv popytu na knyhy. Naukovi zapysky [Ukrainska akademiia drukarstva], 1, 155-162 (in Ukrainian).
- Senkivskyy, V. M. (2007). Model iierarkhii kryteriiv yakosti knyzhkovykh vydan. Naukovi zapysky [Ukrainska akademiia drukarstva], 1, 73-80 (in Ukrainian).
- Predko, L. S. (2009). Proektuvannia dodrukarskykh protsesiv. Lviv: Ukr. akad. drukarstva (in Ukrainian).
- Senkivskyy, V. M., Pikh, I. V. & Senkivska, N. Je. (2016). Teoretychni osnovy zabezpechennja yakosti vydavnycho-poligrafiichnykh procesiv (Chastyina 1: Vstupni zahaljni zasady. Naukovi zapysky [Ukrainska akademiia drukarstva], 1, 22-31 (in

- Ukrainian).
- Senkivskyy, V. M. & Osinchuk, O. I. (2017). Klyasyfikacija faktoriv dodrukarskykh procesiv. Naukovi zapysky [Ukrainska akademiia drukarstva], 1, 60-67 (in Ukrainian).
- Matvieiev, V. Predstavlennia znan z vykorystanniam lohiky predykativ. Retrieved from matveev.kiev/exprt/t4.pdf (in Ukrainian).
- Matvieiev, V. Semantychni merezhi. Retrieved from matveev.kiev/exprt/t5.pdf (in Ukrainian).
- Senkivskyy, V. M. & Pikh, I. V. (2013). Matematychno modeliuвання protsesu ranzhuvannia faktoriv. Modeliuвання ta informatsiini tekhnolohii, 69, 142–146 (in Ukrainian).
- Petriv, Ju. I. (2014). Analitychnyj rozrakhunok vaghovykh koeficijentiv faktoriv tekhnologichnogho procesu: tezy dop. nauk.-tekhn. konf. prof.-vykl. skladu, nauk. pracivn. i asp. [Ukrainska akademiia drukarstva], Lviv, 124 (in Ukrainian).

#### Model of quality assurance thematic planning of book publications

O. I. Osinchuk, I. V. Pikh, V. M. Senkivskyy

**Abstract.** A semantic network of thematic planning factors was constructed and functional communication between them was described by means of predicate language. The hierarchical scheme of multilevel influences for the "type of publication" factor is given. Priority levels of the action of factors on thematic planning by the ranking method are established. The mathematical dependences are presented, on the basis of which the ranks of the separated factors are calculated. The results of the research are reflected in the form of a multi-level model of the weight values of the priority influence of factors on the quality of thematic planning of book editions.

**Keywords:** thematic planning, Factors, model, semantic network, the language of predicates, hierarchy, ranking method, matrix, priority level.

#### Модель обеспечения качества тематического планирования книжных изданий

О. И. Осинчук, И. В. Пих, В. Н. Сеньківський

**Аннотация.** Построено семантическую сеть факторов тематического планирования и описаны функциональные связи между ними средствами языка предикатов. Приведена иерархическая схема многоуровневых воздействий для фактора «вид издания». Установлены уровни приоритетности действия факторов на тематическое планирование по методу ранжирования. Приведены математические зависимости, на основании которых рассчитаны ранги выделенных факторов. Результаты исследования отражены в виде многоуровневой модели весовых значений приоритетного влияния факторов на качество тематического планирования книжных изданий.

**Ключевые слова:** тематическое планирование, факторы, модель, семантическая сеть, язык предикатов, иерархия, метод ранжирования, матрица, уровень приоритетности.

## Моделирование процесса управления уровнем авиационной безопасности аэропортов

В. А. Темников

Национальный авиационный университет, Киев, Украина  
Corresponding author. E-mail: temnikov\_v@ukr.net

Paper received 09.12.17; Revised 12.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-10>

**Аннотация.** Уровень авиационной безопасности аэропорта существенно зависит от состояния системы «Служба авиационной безопасности (САБ) – субъекты, совершающие акты незаконного вмешательства в деятельность аэропортов» и функционального состояния сотрудников САБ. Поэтому повышение безопасности аэропортов может быть достигнуто лишь при системном применении организационных мер и мер, направленных на снижение влияния человеческого фактора на эффективность деятельности САБ. В статье приведены модели процессов проактивного и адаптивного управления уровнями состояния указанной системы и сотрудников САБ, являющиеся основой моделирования процесса управления уровнем авиационной безопасности аэропортов.

**Ключевые слова:** авиационная безопасность, аэропорт, служба авиационной безопасности, функциональное состояние, психофизиологический ресурс.

**Введение.** Анализ аналитических материалов свидетельствует о неудовлетворительном состоянии авиационной безопасности в целом ряде аэропортов мира, что проявляется в неспособности предотвратить террористические акты. Это обуславливает актуальность решения задачи повышения уровня авиационной безопасности аэропортов.

Авиационная безопасность аэропорта существенно зависит от эффективности работы службы авиационной безопасности (САБ), которая в значительной степени зависит от правильности действий ее сотрудников и обоснованности решений лиц, принимающих решения по организации деятельности САБ [1,2]. Поэтому повышение безопасности аэропортов может быть достигнуто лишь при системном применении организационных мер и мер, направленных на снижение влияния человеческого фактора на безопасность.

В качестве основных направлений повышения безопасности аэропортов выделим следующие:

1. Повышение эффективности (качества организации) работы САБ по противодействию актам незаконного вмешательства в деятельность аэропорта.

2. Повышение эффективности противодействия угрозам, обусловленным человеческим фактором (ненадлежащим функциональным состоянием сотрудников аэропортов, от действий которых зависит безопасность); заметим при этом, что это же относится и к диспетчерам управления воздушным движением, чьи непреднамеренные ошибки могут стать причиной авиапроисшествий, т.е. отрицательно сказаться на безопасности полетов воздушных судов.

Повышение эффективности работы САБ может быть достигнуто на основе моделирования сложной системы «САБ – субъекты, совершающие акты незаконного вмешательства в деятельность аэропорта (САНВ)».

Основными путями повышения эффективности противодействия угрозам, обусловленным человеческим фактором, являются:

- повышение эффективности работы служб, оценивающих способность и готовность сотрудников аэропортов выполнять профессиональные (должностные) обязанности, а также осуществляющих контроль доступа сотрудников на их рабочие места и предотвращающих доступ на рабочие места несанкционированных лиц и лиц, находящихся в ненадлежащем функциональном (физическом, психофизиологическом или др.) состоянии;

- повышение эффективности контроля функционального состояния сотрудников аэропорта в течение рабочей смены и его коррекция в случае нахождения человека в ненадлежащем состоянии.

В статье приведены разработанные в процессе проведения исследований модели, лежащие в основе разработанных автором методов повышения эффективности и качества проактивного управления деятельностью (состоянием) САБ, способностью и готовностью человека выполнять профессиональные обязанности, а также методов повышения эффективности и качества адаптивного управления функциональным состоянием человека в течение рабочей смены.

Применение разработанных моделей и методов позволяет осуществлять коррекцию функциональных состояний систем «САБ-САНВ» и сотрудников САБ и таким образом управлять текущим состоянием авиационной безопасности аэропорта.

**Моделирование процесса проактивного управления состоянием системы «САБ-САНВ».** Проактивное управление состоянием системы «САБ-САНВ» осуществляется на основе расчета вероятностей перехода системы из состояния защищенности в другие состояния, в которых может оказаться система вследствие совершения злоумышленниками актов незаконного вмешательства в деятельность аэропорта. Количество состояний системы «САБ-САНВ» определяется структурой САБ. Для оценки эффективности работы различных подразделений САБ могут быть выбраны, например, такие состояния: состояние нарушения пропускного режима (при несанкционированном проникновении злоумышленника в контролируемую зону), состояние нарушения внутриобъектового режима (при проведении злоумышленником несанкционированных действий в контролируемой зоне), состояние захвата аэропорта или воздушного судна.

Для построения модели системы «САБ-САНВ» были проанализированы процессы в каждой ее подсистеме и разработана схема сопряжения подсистем, исходя из способа их взаимодействия при решении задач, стоящих перед САБ.

Исходные предположения, характеризующие взаимодействие элементов системы «САБ-САНВ»:

1. Инициатором взаимодействия САБ и САНВ являются злоумышленники – от них исходит угроза безопасности. Совокупность САНВ рассматривается как многоэлементная система, объединенная единством цели –

успешным завершением акта незаконного вмешательства в деятельность аэропорта.

2. Подсистемы САБ, вступая во взаимодействие со злоумышленниками, действуют автономно, при этом результат взаимодействия одной подсистемы не всегда должен (может) быть положительным, при этом единственный отрицательный результат взаимодействия САБ и злоумышленников не является его завершающим актом.

3. Переходы системы из одного состояния в другое обусловлены проявлением ряда факторов (совокупностью угроз), которые рассматриваются как поток событий, следующих в случайные моменты времени. Так как вероятность одновременного наступления двух или более событий значительно меньше, чем одного, то поток событий будем считать ординарным. Поток событий не является лавинообразным.

При принятии указанных предположений вероятность появления какого-либо события на определенном интервале времени можно считать независимой от числа событий на других интервалах времени, т.е. поток событий можно считать пуассоновским потоком без последствия и описывать известным в теории вероятностей распределением Пуассона [3].

Будем предполагать, что все вероятностные характеристики событий для любого момента времени определяются только этим моментом времени и не зависят от предыстории. Это свойство вместе с конечностью числа состояний системы позволяет утверждать, что исследуемый процесс является Марковским случайным процессом.

Задача состоит в том, чтобы определить вероятности  $P_0(t)$ ,  $P_1(t)$ , ...,  $P_n(t)$  нахождения системы (или ее подсистемы) в том или ином состоянии как функции времени.

В качестве модели системы «САБ-САНВ» предлагается графовая модель, описывающая систему через ее возможные состояния и переходы из одного состояния в другое. Математической формализацией модели является система дифференциальных уравнений Колмогорова [3] относительно вероятностей  $P_0(t)$ ,  $P_1(t)$ , ...,  $P_n(t)$ . Решить указанную систему можно путем перехода к задаче Коши и применения преобразований Лапласа или численных методов.

Количественное решение системы дифференциальных уравнений Колмогорова возможно при условии достаточного количества статистических данных о вероятности перехода системы из одного состояния в другое. Однако, в настоящее время такая информация отсутствует, что делает решение задачи с применением прямых статистических методов невозможным.

Для получения статистических данных, необходимых для решения уравнений Колмогорова (определения вероятностей переходов системы «САБ-САНВ» из одного состояния в другие), разработаны квалиметрические модели эксплуатационных процедур, выполняемых сотрудниками САБ, применение которых позволяет рассчитывать вероятности, необходимые для решения уравнений Колмогорова, на основе экспертных оценок.

На основе предложенной модели разработан метод количественной оценки уровня авиационной безопасности аэропортов, применение которого дает возможность управлять авиационной безопасностью, что, в свою очередь, позволяет повысить эффективность работы САБ.

**Моделирование процесса адаптивного управления функциональным состоянием сотрудников САБ в**

**течение рабочей смены.** Повысить авиационную безопасность аэропортов на основе снижения влияния человеческого фактора предлагается путем управления функциональным состоянием сотрудников аэропортов, в первую очередь – сотрудников САБ, в течение рабочей смены.

Работу системы управления функциональным состоянием сотрудников аэропортов предлагается представлять в виде модели системы адаптивного управления, включающей две подсистемы: управляющую систему и объект управления [4]. Объектом управления является человек, а управляющей системой – организационно-техническая система формирования уровня его работоспособности.

Решение проблемы эффективного управления работоспособностью человека находится в области управления его состояниями и заключается в повышении качества управляющих воздействий.

На вход объекта управления подаются информационная и физическая нагрузки, которые воздействуют на человека в течение смены. При этом рассчитываются значения параметра, характеризующего функциональное состояние человека (готовность человека продолжать выполнять профессиональные обязанности). Эти значения сравниваются с приемлемыми (допустимыми) значениями, которые регламентируются нормативными требованиями к работоспособности человека в различных ситуациях и условиях труда.

Отклонение значений указанного параметра от допустимых значений рассматривается как критерий работоспособности, который позволяет оценить готовность сотрудника САБ выполнять профессиональные обязанности. В качестве такого критерия предлагается ввести новый показатель – психофизиологический ресурс (ПФР), определяемый на основе оценивания состояния сердечно-сосудистой системы человека. Известно, что состояние сердечно-сосудистой системы является интегральной характеристикой, позволяющей оценить состояние регуляторных систем организма человека и его адаптационные возможности.

В настоящее время наиболее информативным неинвазивным методом количественной оценки функционального состояния организма человека признано определение variability сердечного ритма – изменчивости продолжительности интервалов последовательных циклов сердечных сокращений за определенные промежутки времени [5,6].

Предлагается в качестве показателя готовности человека выполнять профессиональные обязанности применять «индекс напряжения», предложенный проф. Баявским Р.М. [5]. Этот показатель предлагается использовать для характеристики ПФР перед началом смены и при анализе изменений функционального состояния человека в течение смены.

Индекс напряжения регуляторных систем (ИН) человека определяется по электрокардиограмме путем измерения variability сердечного ритма. В норме ИН колеблется в пределах 80-150 условных единиц.

В течение смены на работоспособность сотрудника САБ оказывают отрицательное влияние случайные управляемые воздействия (стрессовые нагрузки, климатические и другие условия, в которых работают сотрудники аэропорта). При воздействии стрессовых нагрузок этот показатель у сотрудников САБ – людей со здоровой сердечно-сосудистой системой – может повышаться до

200-300, причем, чем выше этот показатель, тем сильнее уровень стресса.

В реальных условиях работа человека в течение смены сопровождается изменением его состояния. Это может быть связано с утомлением человека, спонтанными изменениями его физического и эмоционального состояния, другими причинами. Изменение внутреннего состояния объекта управления (параметров, характеризующих изменение ПФР человека в течение смены) обуславливает актуальность разработки модели системы управления, учитывающей эти изменения.

Модель, учитывающая изменения внутреннего состояния человека – объекта управления, имеет вид:

$$M = \{X, A_x, Y, B_y, S, T, \alpha, \beta\}, (1)$$

где  $X$  – множество значений входных параметров;  $A_x$  – пространство функций, описывающих входные воздействия;  $Y$  – множество значений выходных параметров;  $B_y$  – пространство функций, описывающих изменение во времени значений выходных параметров,  $S$  – множество значений переменных параметров, характеризующих функциональное состояние человека,  $T$  – упорядоченное множество моментов времени,  $\alpha$  – функция, характеризующая зависимость элементов множества состояний человека от входных параметров (информационной и физической нагрузок) и исходных данных, полученных во время предсменного медицинского и психофизиологического контроля сотрудников САБ;  $\beta$  – выходная функция, характеризующая зависимость элементов множества  $Y$  от значений входных параметров и внутреннего состояния человека.

Разработанная модель является основой для построения метода повышения качества контроля за действиями сотрудников САБ в течение рабочей смены со стороны лиц, принимающих управленческие решения.

Суть адаптивного управления уровнем авиационной безопасности аэропорта с применением разработанной модели состоит в одновременном проведении мониторинга, прогнозирования и управления функциональным

состоянием человека.

Прогнозирование изменения функционального состояния сотрудника САБ в течение смены предлагается проводить на основе моделирования его функциональной деятельности в различных ситуациях на тренажерах. Тестовые воздействия при работе сотрудника САБ на тренажерах выбираются такими, чтобы можно было однозначно определить реакцию человека (степень изменения его функционального состояния) в реальных практических ситуациях (при реальных информационных, физических и стрессовых воздействиях).

Разработанная модель адаптивного управления функциональным состоянием человека является основой для создания управляемого процесса формирования психофизиологического ресурса сотрудников САБ, повышения степени их готовности выполнять профессиональные обязанности, а следовательно и уровня авиационной безопасности аэропорта.

**Выводы.** В статье приведены модели процессов проактивного и адаптивного управления функциональными состояниями системы «САБ-САНВ» и сотрудников САБ, разработанные в процессе исследования зависимости уровней авиационной безопасности аэропортов от различных внешних и внутренних факторов и являющиеся основой построения метода управления уровнем авиационной безопасности аэропортов.

Применение разработанных моделей позволяет повысить авиационную безопасность аэропортов на основе:

- повышения эффективности (качества) контроля уровней способности и готовности сотрудников САБ выполнять профессиональные обязанности;
- повышения качества контроля за действиями сотрудников САБ в течение рабочей смены;
- повышения информированности руководителей и других лиц, принимающих решения о соответствии функционального состояния сотрудников требуемому (приемлемому) уровню.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Doc 8973/9 «Руководство по авиационной безопасности» // Международная организация гражданской авиации, изд.9. – 2014. – 818 с.
- [2] Doc 9808 «Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации» // Международная организация гражданской авиации. – 2002. – 120 с.
- [3] Вентцель А. Д. Курс теории случайных процессов. – М.: Наука, 1996. – 400 с.
- [4] Таран Т.А., Зубов Д.А. Искусственный интеллект. Теория и приложения. Луганск: Изд-во Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля, 2006. – 240 с.
- [5] Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. – 220 с.
- [6] Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. – 265 с.

#### REFERENCES

- [1] Doc 8973/9 «Aviation Security Manual» // International Civil Aviation Organization. – 2014. – 818 p.
- [2] Doc 9808 «Human factors in civil aviation security operations» // International Civil Aviation Organization. – 2002. – 120 p.
- [3] Wentzel A. D. Course of the theory of random processes. – Moscow: Nauka, 1996. – 400 p.
- [4] Taran T.A., Zubov D.A. Artificial Intelligence. Theory and applications. Lugansk: Publishing house of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2006. – 240 p.
- [5] Bayevsky R.M., Kirillov O.I., Kletskin S.Z. Mathematical analysis of heart rate changes under stress. Moscow: Nauka, 1984. – 220 p.
- [6] Bayevsky R.M., Berseneva A.P. Assessment of the adaptive capabilities of the body and the risk of developing diseases. Moscow: Medicine, 1997. – 265 p.

#### Modeling of the aviation security management process at the airport

V. A. Temnikov

**Abstract.** Aviation security level of the airport depends substantially on the state of "Aviation Security Service - subjects who commit acts of unlawful interference with the airports' systems" and the functional state of security officers. Therefore the improvement of airport security can be achieved only with the systemic application of organizational measures and measures aimed at reducing the human factor impact on the effectiveness of the aviation security service. The article presents models of processes of proactive and adaptive management of the levels of the state of the system and security officers, which are the basis for modeling of the aviation security management process at the airport.

**Keywords:** aviation security, airport, aviation security service, functional state, psychophysiological resource.

## Математична модель технологічного процесу пластичного опресування силового вузла полімерного ізолятора

В. І. Абрамов

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»  
Corresponding author. E-mail: abramov-kpi@i.ua

Paper received 04.12.17; Revised 08.12.17; Accepted for publication 10.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-11>

**Анотація.** Статтю присвячено розробці математичної моделі технологічного процесу пружнопластичного опресування металевого закінцювача полімерного ізолятора на склопластиковому стрижні. Запропоновано аналітичні співвідношення для визначення рівня тиску опресування з урахуванням різних критеріїв виникнення пластичного стану та моделей механічної поведінки матеріалів закінцювача.

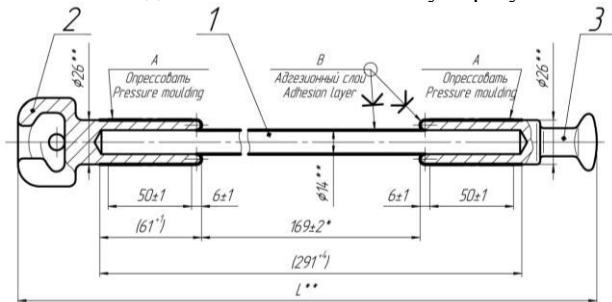
**Ключові слова:** полімерний ізолятор, опресування закінцювача, силовий вузол, тиск опресування.

**Вступ.** Міцність стрижневого полімерного ізолятора визначають геометричні параметри силового вузла, а також технологія його виготовлення. Технологія впливає на надійність виробу, продуктивність виробництва, собівартість тощо.

Науково обгрунтована методика розрахунку технологічного процесу опресування металевого закінцювача на склопластиковому стрижні потребує доопрацювання з врахуванням пружнопластичного деформування металу.

**Стислий аналіз публікацій за темою статті.** Певні засоби прогнозування зусилля опресування були запропоновані в монографії [1] та статтях [2-4]. Але ці засоби базуються на пружній моделі поведінки матеріалу закінцювача і не враховують значні пластичні деформації, які мають місце у реальному технологічному процесі опресування. На разі всі виробники полімерних ізоляторів в Україні визначають тиск опресування експериментально, витрачаючи велику кількість зусиль та матеріалів.

Метою цього дослідження є розробка адекватної математичної моделі технологічного процесу пружнопластичного деформування металевого закінцювача, а також зручних для використання у конструюванні аналітичних співвідношень визначення тиску опресування.



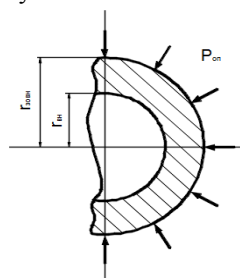
**Рис. 1.** Силові вузли полімерного лінійного ізолятора (1 – склопластиковий стрижень, 2 – верхній металевий закінцювач, 3 – нижній металевий закінцювач, А – циліндрична поверхня опресування закінцювача на склопластиковому стрижні, L – висота ізолятора)

Склопластиковий стрижень з закінцювачами зображено на рис.1. Лінійний полімерний ізолятор містить склопластиковий стрижень з розвинутою ізолюючою силіконовою оболонкою [4]. На обидва кінці стрижня напресовані металеві закінцювачі за допомогою гідравлічного преса. Стрижень і напресований на нього закінцювач створюють так званий силовий вузол, який несе механічне навантаження, що діє на кон-

струкцію ізолятора у процесі експлуатації. На рис.1 відсутня силіконова ізоляційна оболонка, оскільки вона не впливає на міцність конструкції.

Силовий вузол витримує осьові розтягів навантаження за рахунок сили тертя між зовнішньою поверхнею склопластикового стрижня і напресованою на нього внутрішньою поверхнею гільзи закінцювача.

Невелике спрощення конструкції закінцювача дозволяє представити його як товстостінний циліндр скінченної довжини, що піддається зовнішньому тиску [2, 4]. Вважаємо склопластиковий стрижень набагато менш жорсткішим, ніж матеріал закінцювача. Впливом склопластикового стрижня на режим опресування нехтуємо. На рис.2 представлено розрахункову схему опресування закінцювача.



**Рис. 2.** Розрахункова схема опресування закінцювача ( $r_{звн}$ ,  $r_{вн}$  – зовнішній та внутрішній радіуси циліндра закінцювача,  $P_{оп}$  – тиск опресування)

Питанням пластичного деформування товстостінних циліндрів під дією внутрішнього тиску присвячено відповідні розділи монографій та посібників [5-7]. Переважна більшість вказаних авторів у якості приклада розглядає товстостінний циліндр тільки під дією внутрішнього тиску. Але для розрахунку параметрів реального технологічного процесу опресування закінцювача полімерного ізолятора актуальним є спрощення його конструкції до товстостінного циліндра під дією зовнішнього тиску.

Розглянемо напружено-деформований стан (НДС) циліндра закінцювача під дією зростаючого зовнішнього тиску [5, 6]. При цьому скористаємося моделлю Прандлі механічної поведінки матеріалу, тобто будемо вважати матеріал закінцювача ідеально пружнопластичним без зміцнення, виходячи з умови його нестисливості.

З умови симетрії циліндра розглядаємо деформування як осесиметричне, поперечні перерізи залишаються плоскими та перпендикулярними до осі. Осьова дефор-



мація не змінюється за радіусом та за довжиною. Об'ємними силами нехтуємо. Задача є плоскою, має місце плоский деформований стан.

Внаслідок осової симетрії навантаження в пружно-пластичному стані напруження, деформації та переміщення є функціями тільки радіуса циліндра. Дотичні напруження в окружному та радіальному перерізах відсутні. Радіальні, колові та осові напруження є головними:  $\sigma_1 = \sigma_\theta, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = \sigma_r$ .

В циліндрі, що навантажений зовнішнім тиском, найбільше напруження за будь-яким критерієм початку пластичної течії, діє на зовнішній поверхні. При цьому зовнішній тиск досягає такого значення, при якому відбувається тільки пластичне деформування.

Початок пластичної течії визначаємо за критерієм Треска-Сен-Венана

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_\theta - \sigma_r = \sigma_T \quad (1)$$

де  $\sigma_T$  - границя текучості.

НДС, при якому циліндр повністю охоплений пластичною течією, вважаємо граничним станом, а відповідним йому тиск  $i$  є шуканим технологічним параметром оптимального тиску опресування металевого закінцювача на склопластиковому стрижні силового вузла ізолятора.

Тиск опресування визначимо з роз'язку диференційного рівняння рівноваги у полярних координатах

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{(\sigma_r - \sigma_\theta)}{r} = 0 \quad (2)$$

Підставимо в рівняння (2) співвідношення (1)

$$\frac{d\sigma_r}{dr} - \frac{\sigma_r}{r} = 0.$$

Розділимо змінні  $d\sigma_r = \sigma_T \cdot dr/r$  та проінтегруємо

$$\sigma_r = \sigma_T \ln r + C_1 \quad (3)$$

де  $C_1$  - стала інтегрування.

Для випадку зовнішнього навантаження маємо граничні умови

$$\sigma_r|_{r=r_{зовн}} = -P, \sigma_r|_{r=r_{вн}} = 0 \quad (4)$$

де  $r_{зовн}$  - зовнішній радіус циліндра закінцювача,  $r_{вн}$  - внутрішній радіус циліндра закінцювача.

Повністю пластичний стан можливий лише за якогось визначеного рівня тиску. Позначимо його  $P_{он}$ .

Підставивши граничні умови (4) в (3), отримаємо інженерне співвідношення для визначення тиску опресування

$$P_{он} = \sigma_T \ln \left( \frac{r_{вн}}{r_{зовн}} \right) \quad (5)$$

Якщо скористатися умовою пластичності Мізеса  $\sigma_\theta - \sigma_r = 2/\sqrt{3} \sigma_T$ , то співвідношення (5) прийме вигляд

$$P_{он} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \ln \left( \frac{r_{вн}}{r_{зовн}} \right) \quad (6)$$

Таким чином, оцінка технологічного параметру тиску опресування при використанні співвідношень (5) та (6) відрізняється на 15,4%.

Залежність радіального переміщення від радіуса циліндра в пластичній зоні може бути встановлено на основі співвідношень  $\varepsilon_r = du/dr$ ,  $\varepsilon_\theta = u/r$ ,  $u = \varepsilon_r r$ , за законами Гука та величин напружень в пружній області

$$u = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\sigma_T}{E} \frac{r_T^2}{r} \quad (7)$$

де  $E$  - модуль пружності матеріалу закінцювача,  $r_T$  - радіус розповсюдження пластичної зони.

При дії зовнішнього тиску пластична зона розповсюджується у напрямку від зовнішньої поверхні до внутрішньої. Коли матеріал повністю перейде в пластичний стан співвідношення (7) на внутрішній поверхні набуває вигляду

$$u_{вн} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\sigma_T}{E} \frac{r_{вн}^2}{r_{зовн}} \quad (8)$$

На практиці в конструкціях закінцювачів полімерних ізоляторів використовують різні металеві сплави, в тому числі матеріали, властивості яких можна з певним наближенням характеризувати діаграмою з лінійними зміцненнями без площадки текучості [7].

Будемо вважати, що ці матеріали також нестисливі та осова деформація дорівнює нулю.

Перетворимо рівняння рівноваги (2) з врахування інтенсивності напружень для плоского деформованого стану у полярних координатах  $\sigma_i = \sqrt{3}/2 (\sigma_\theta - \sigma_r)$  до виду

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_i}{r} \quad (9)$$

За відсутності площадки текучості для нестисливого матеріалу маємо

$$\sigma_i = \lambda \sigma_T + E_T \varepsilon_i \quad (10)$$

де  $\lambda = 1 - E_T/E$  - параметр зміцнення,  $E_T$  - модуль зміцнення.

Підставляючи (10) в (9), отримаємо

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = \frac{2}{\sqrt{3}} \left( \frac{\lambda \sigma_T}{r} + \frac{E_T \varepsilon_i}{r} \right) \quad (11)$$

Виходячи з диференційного рівняння для радіального переміщення [7]

$$\frac{du}{dr} + \frac{u}{r} = 0,$$

застосовуємо закон зміни інтенсивності деформацій

$$\varepsilon_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{C_2}{r^2} \quad (12)$$

Підставимо (12) у (11). Тоді

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \left( \frac{\lambda}{r} + \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{E_T C_2}{\sigma_T r^3} \right).$$

У результаті інтегрування отримуємо

$$\sigma_r = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \left( \lambda \ln \frac{r}{r_T} + C_1 - \frac{E_T C_2}{\sqrt{3} \sigma_T r^2} \right) \quad (13)$$

Граничні умови мають також вигляд (4) як у випадку з ідеально пружнопластичним матеріалом. При цьому враховуємо рівність напружень на границі пружної та пластичної областей.

Радіальне напруження в пружній області визначається за формулою [7]

$$\sigma_r = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \left( A - \frac{B}{r^2} \right) \quad (14)$$

Підставляючи граничні умови в рівняння (13) та (14), отримаємо

$$-P = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \left( \lambda \ln \frac{r_{зовн}}{r_T} + C_1 - \frac{E_T C_2}{\sqrt{3} \sigma_T r_{зовн}^2} \right), \quad (15)$$

$$0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \left( A - \frac{B}{r_{вн}^2} \right).$$

З умови рівності радіальних напружень на границі пружної та пластичної областей маємо

$$-\frac{E_T C_2}{\sqrt{3} \sigma_T r_T^2} + C_1 = A - \frac{B}{r_T^2}. \quad (16)$$

Вирішуємо систему рівнянь (15)-(16) відносно  $A, B$  та  $C$ . При цьому враховуємо, що при  $r = r_T$  згідно з формулою (12)

$$\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{C_2}{r_T^2} = \frac{\sigma_T}{E}$$

Отримуємо рівняння, що пов'язує радіус границі зовнішній тиск з радіусом розподілу пружної та пластичної областей

$$P = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}} \left( 2\lambda \ln \frac{r_T}{r_{зовн}} + (1-\lambda) \frac{r_T^2}{r_{зовн}^2} - \frac{r_T^2}{r_{вн}^2} + \lambda \right) \quad (17)$$

Тиск опресування, тобто зовнішній тиск при якому весь матеріал закінцювача перейде в пластичний стан, визначимо за формулою (17) при  $r_T = r_1$

$$P_{оп} = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}} \left( 2\lambda \ln \frac{r_{вн}}{r_{зовн}} + (1-\lambda) \frac{r_{вн}^2}{r_{зовн}^2} - 1 + \lambda \right) \quad (18)$$

Таким чином, запропоновано співвідношення (5), (6), (18) для визначення рівня тиску опресування металевого закінцювача на склопластиковому стрижні з використанням різних критеріїв пластичності та моделей механічної поведінки матеріалів.

Порівняємо оцінку тиску опресування за різними співвідношеннями. Для виготовлення закінцювачів рекомендується застосовувати вуглецеву сталь з границею текучості 245-400 МПа, модулем пружності 210 ГПа, параметр зміцнення  $\lambda = 0.977$ .

У таблиці 1 наведено розрахункові величини тиску опресування за різними аналітичними формулами (5), (6) та (18).

Таблиця 1

Клас механічного навантаження ізолятора	$\frac{r_{вн}}{r_{зовн}}$	Тиск опресування, МПа		
		(5)	(6)	(18)
70 кН	0,53	155	179	173
120 кН	0,48	179	207	205

Довжина поверхні А (рис.1) полімерного ізолятора

ЛІТЕРАТУРА

1. Шидловский А.К. и др. Высоковольтные полимерные изоляторы. – К.: Сучасність, 2008. – 253с.
2. Абрамов В.И. Напряженно-деформированное состояние силового узла полимерного изолятора // Энергетика и электрификация. - 2015. - №4. - с.33-36
3. Абрамов В.И. Новые технические решения в производстве полимерных изоляторов // Энергетика и электрификация. - 2016. - №2. - с.24-28.
4. Абрамов В.И. Методика розрахунку параметрів силового

класу 70 кН, по якій відбувається опресування, дорівнює 50мм, наружний діаметр – 26мм. Відповідно площа поверхні опресування  $F$  складає  $8,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Зусилля преса (у тоннах) при опресуванні закінцювача ізолятора класу 70 кН визначимо як добуток розрахованого за формулою (6) тиску та площі поверхні, до якої прикладено цей тиск:

$$P = P_{оп} \cdot F = 179 \cdot 10^6 \text{ Па} \times 4,05 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 725 \text{ кН} \approx 74 \text{ тонн}$$

Аналогічно для ізоляторів класу 120 кН ( $I_A=70$  мм, зовнішній діаметр закінцювача – 35мм, тиск – 207 МПа) зусилля преса складе приблизно 162 тонни.

Таким чином, ми визначили рівень тиску опресування закінцювачів лінійних полімерних ізоляторів. За співвідношеннями (6) та (18) ми отримуємо близькі результати, але формула (6) простіша у використанні. Тому рекомендуємо використовувати саме її в прикладних інженерних розрахунках.

**Висновки, перспективи подальших досліджень.** В цьому дослідженні запропоновано математичну модель технологічного процесу пружнопластичного деформування металевого закінцювача полімерного ізолятора. Запропоновано аналітичні співвідношення для визначення рівня тиску опресування з урахуванням різних критеріїв виникнення пластичного стану та моделей механічної поведінки матеріалів закінцювача. Ці залежності потребують експериментального підтвердження при виготовленні конструкцій полімерних ізоляторів.

У технологічних картах з виготовлення ізоляторів у якості характеристики опресування закінцювача зазвичай вказують зусилля преса у тоннах або кН. Засоби перерахунку значення тиску, що отримано за аналітичними формулами, до показників конкретного пресового обладнання потребують доопрацювання.

REFERENCES

1. Shidlovsky A.K. and others. High voltage polymer insulators. – Kyiv: Suchasnist, 2008, P.253.
2. Abramov V.I. Stress state of the polymer insulator // Energy and electrification, 2015, 4. P.33-36.
3. Abramov V.I. New technical solutions in the production of polymer insulators // Energy and electrification, 2016, 2. P.24-28.
4. Abramov V.I. Method of calculation of parameters of the polymer

5. узла полимерного изолятора // Энергетика та електрифікація. - 2017. - №2. - с.31-34.
6. Корнілов О. Опір матеріалів. Підручник.-Київ: Логос, 2002.-562с.
7. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести. Справочное пособие / Писаренко Г.С., Можаровский Н.С. – Киев: Наук.думка, 1981. – 496с.
7. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Учебник для студентов вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение. – 1975. – с.400.

Mathematical model of the technological process of the plastic pressing of the polymer insulator fitting

V. I. Abramov

**Abstract.** The article deals with development of a mathematical model of the technological process of elastoplastic crimping of a metal fitting of a polymer insulator onto a fiberglass rod. Analytic formulas are proposed for determining the level of crimping pressure, taking into account various plastic state criteria for the appearance and models of the mechanical behavior of the fitting materials.

**Keywords:** polymer insulator, pressing of the fitting, production technology, elastoplastic crimping.

Математическая модель технологического процесса пластической опрессовки силового узла полимерного изолятора

В. И. Абрамов

**Аннотация.** Статья посвящена разработке математической модели технологического процесса упругопластической опрессовки металлического оконцевателя полимерного изолятора на стеклопластиковый стержень. Предложены аналитические формулы для определения величины давления опрессовки с учетом различных критериев возникновения пластического состояния и моделей механического поведения материалов оконцевателей.

**Ключевые слова:** полимерный изолятор, опрессовка оконцевателя, силовой узел, давление опрессовки.

# Lebesgue structure and properties of the invorsor of digits of $Q_s$ -representation for fractional part of real number

I. V. Zamrii

State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine  
Corresponding author. E-mail: irinafraktal@gmail.com

Paper received 09.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-12>

**Abstract.** We construct a  $s-1$  parametric family of continuous purely singular functions (if  $q_i \neq q_{s-1-i}$ ,  $q_i > 0$ ,  $\sum_{i=0}^{s-1} q_i = 1$ ) with self-similar properties using  $Q_s$ -representation of real number that is generalization of classic  $S$ -adic representation. We generalize well-known results and study structural, fractal, self-affine and integral properties.

**Keywords:**  $Q_s$ -representation of real numbers, invorsor of  $Q_s$ -representation digits of real number, self-affine set, monotone function, singular function.

**Introduction.** Many continuous on segment  $[0;1]$  functions have fractal properties. For some, it is fractality of the graph (the graph is a fractal curve of space  $P_2$ ) [5, 10], for others it is fractality of the level sets [5, 6], and property of functions to keep dimension of all Borel sets [3, 11], etc. Among functions with complex local structure and fractal properties, at present time continuous monotonic functions [6, 11, 12] and non-monotonic functions [2, 7, 8] are of particular interest. Its theoretical research is carried out in different directions (topological-metric and fractal analysis of levels, studying of sets of different features, structural analysis of graphs, having of properties of self-similarity, etc.). Along with this, the functions appear more often in various models of real objects, processes and phenomena [1].

Rapid development of mathematics led to the necessity of using different number systems and different representations of real numbers, in particular, non-traditional ones. This systems allow us to describe classes of fractal sets, functions, probability distributions, and investigate objects with a complex local structure. In this paper we use one of the following encodings:  $Q_s$ -representation of real numbers [6, 10].

**Object of study.** In the paper we study function that depends on the parameter  $q_0, q_1, \dots, q_{s-2}$ , and use for its assignment is so-called  $Q_s$ -representation  $x \in [0,1]$  [6]. This representation is encoding of number with finite

alphabet  $A \equiv \{0,1,\dots, s-1\}$  and is generalization of the classical  $s$ -adic representation of real numbers.

Let  $Q_s = \{q_0, q_1, \dots, q_{s-1}\}$  be ordered set of positive real numbers such that  $\sum_{i=0}^{s-1} q_i = 1$ ;  $\beta_0 = 0$ ,  $\beta_k = \sum_{i=0}^{k-1} q_i$ .

**Theorem 1.** [6] For an arbitrary  $x \in [0;1]$  there exists a sequence  $(\alpha_n)$ ,  $\alpha_n \in A_s$  such that

$$x = \beta_{\alpha_1} + \sum_{k=2}^{\infty} \left[ \beta_{\alpha_k} \prod_{j=1}^{k-1} q_{\alpha_j} \right] = \Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n}^{Q_s} \quad (1)$$

The series (1) is called  $Q_s$ -image of the number  $x$ , and the abbreviated (symbolic) record  $x = \Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n}^{Q_s}$  is called its  $Q_s$ -representation.

The period in  $Q_s$ -representation of the number (if it exists) is denoted by the parentheses. There are numbers that have two  $Q_s$ -representation. These are numbers with period (0) or  $(s-1)$ , moreover

$$\Delta_{c_1 \dots c_{m-1} c_m}^{Q_s}(0) = \Delta_{c_1 \dots c_{m-1} [c_m - 1]^{(s-1)}}^{Q_s}$$

These numbers are called  $Q_s$ -rational, set of  $Q_s$ -rational numbers is countable. The rest of the numbers are called  $Q_s$ -irrational.

**Definition 1.** Function defined  $[0;1]$  by equality

$$I(x) = I(\Delta_{\alpha_1(x) \alpha_2(x) \dots \alpha_k(x)}^{Q_s}) = \Delta_{[s-1-\alpha_1(x)] [s-1-\alpha_2(x)] \dots [s-1-\alpha_k(x)]}^{Q_s} \quad (2)$$

is called an invorsor  $I$  of digits the  $Q_s$ -representation of a real number (or simply invorsor).

Function denoted by equality (2) is a generalization of the function  $I$  that was investigated in [11, 9] where  $s = 3$ , and, as it turned out, is one of the brilliant representatives of the functions retaining the digit 1 in  $Q_3$ -representation of the argument [12].

$$I(x_1) = I(\Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_{k-1} \alpha_k}^{Q_s}(0)) = \Delta_{[s-1-\alpha_1] [s-1-\alpha_2] \dots [s-1-\alpha_{k-1}] [s-1-\alpha_k]^{(s-1)}}^{Q_s} = \frac{\beta_{s-1}}{1 - q_{s-1}} \prod_{j=1}^k q_{[s-1-\alpha_j]} = \prod_{j=1}^k q_{[s-1-\alpha_j]}$$

$$I(x_2) = I(\Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_{k-1} [\alpha_k - 1]^{(s-1)}}^{Q_s}) = \Delta_{[s-1-\alpha_1] [s-1-\alpha_2] \dots [s-1-\alpha_{k-1}] [s-1-\alpha_k]^{(0)}}^{Q_s} = \prod_{j=1}^k q_{[s-1-\alpha_j]}$$

Evidently  $I(x_1) = I(x_2)$ , the function is correctly defined in each  $Q_s$ -rational points, and hence at each point

**Research results.** Since  $Q_s$ -rational numbers have two distinctly different representation, there is a need to justify the correctness of definition of invorsor. Let for different  $Q_s$ -rational meanings

$$x_1 \equiv \Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_{k-1} \alpha_k}^{Q_s}(0) = \Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_{k-1} [\alpha_k - 1]^{(s-1)}}^{Q_s} \equiv x_2$$

function, respectively, acquires the meanings:

of the segment  $[0;1]$ .

From these considerations, the following statement is

evident.

**Lemma 1.** For the growth of the  $\mu_I(\Delta_{c_1 c_2 \dots c_n}^{Q_s}) \equiv I(\Delta_{c_1 c_2 \dots c_n}^{Q_s(s-1)}) - I(\Delta_{c_1 c_2 \dots c_n}^{Q_s(0)})$  of the function  $I$  in the cylinder  $\Delta_{c_1 c_2 \dots c_n}^{Q_s} = [\Delta_{c_1 c_2 \dots c_n}^{Q_s(0)}; \Delta_{c_1 c_2 \dots c_n}^{Q_s(s-1)}]$  equality  $\mu_I(\Delta_{c_1 c_2 \dots c_n}^{Q_s}) = -\prod_{j=1}^n q_{[s-1-c_j]}$ .

**Theorem 2.** Inversor  $I$  of digits of  $Q_s$ -representation of real number  $[0,1]$  is a function that:

- 1) have continuous line at each point of segment  $[0,1]$  and acquires all values from this range;
- 2) is strictly monotonic decreasing on a segment  $[0,1]$ .

Proving. 1) To prove continuity it is enough to show

$$I(x_0) = \Delta_{[s-1-\alpha_1(x_0)][s-1-\alpha_2(x_0)] \dots [s-1-\alpha_{n-1}(x_0)][s-1-\alpha_n(x_0)][s-1-\alpha_{n+1}(x_0)] \dots [s-1-\alpha_{n+k}(x_0)] \dots}^{Q_s}$$

$$I(x) = \Delta_{[s-1-\alpha_1(x)][s-1-\alpha_2(x)] \dots [s-1-\alpha_{n-1}(x)][s-1-\alpha_n(x)][s-1-\alpha_{n+1}(x)] \dots [s-1-\alpha_{n+k}(x)] \dots}^{Q_s}$$

So

$$I(x) - I(x_0) = \left| \sum_{i=n}^{\infty} (\beta_{[s-1-\alpha_i(x)]} \prod_{j=1}^{i-1} q_{[s-1-\alpha_j(x)]}) - \sum_{i=n}^{\infty} (\beta_{[s-1-\alpha_i(x_0)]} \prod_{j=1}^{i-1} q_{[s-1-\alpha_j(x_0)]}) \right| \leq$$

$$\leq \prod_{j=1}^{n-1} q_{[s-1-\alpha_j(x_0)]} (\beta_{s-1} + \beta_{s-1} q_{s-1} + \dots) = \prod_{j=1}^{n-1} q_{[s-1-\alpha_j(x_0)]} \leq \max\{q_0, q_1, \dots, q_{s-1}\} \rightarrow 0 \quad \text{where } n \rightarrow \infty,$$

which proves the continuity of the function  $I$  in the  $Q_s$ -irrational points.

The case when  $x_0$  is  $Q_s$ -rational number is reduced to the previous one. To prove continuity of function  $I$  on the left, it is necessary to use  $Q_s$ -representation of the point  $x_0$  with period  $(s-1)$ , and to the right is to use  $Q_s$ -representation of the point with period  $(0)$ .

2) We prove that the function is monotonic decreasing on  $[0,1]$ .

$$I(x_1) - I(x_2) = \Delta_{[s-1-\alpha_1^{(1)}][s-1-\alpha_2^{(1)}] \dots [s-1-\alpha_n^{(1)}] \dots}^{Q_s} - \Delta_{[s-1-\alpha_1^{(2)}][s-1-\alpha_2^{(2)}] \dots [s-1-\alpha_n^{(2)}] \dots}^{Q_s} =$$

$$= \left( \beta_{[s-1-\alpha_k^{(1)}]} + \beta_{[s-1-\alpha_{k+1}^{(1)}]} q_{[s-1-\alpha_k^{(1)}]} + \dots - \beta_{[s-1-\alpha_k^{(2)}]} - \beta_{[s-1-\alpha_{k+1}^{(2)}]} q_{[s-1-\alpha_k^{(2)}]} - \dots \right) \prod_{j=1}^{k-1} q_{[s-1-\alpha_j]} > 0.$$

Consequently, if  $x_1 < x_2$ , then  $I(x_1) > I(x_2)$ , that is, the inversor of digits of  $Q_s$ -representation of a real number is a monotonic decreasing function on the segment  $[0,1]$ . □

**Definition 2.** Different from a constant continuous function of bounded variation, the derivative of which is almost everywhere (in the sense of Lebesgue measure) is zero, is called singular.

For any continuous function of bounded variation  $f(x)$ , Lebesgue's theorem [4, p. 248] states the existence and uniqueness of representation

$$f(x) = \varphi(x) + r(x), \tag{3}$$

where  $\varphi(x)$  is a absolutely continuous function and  $\varphi(a) = f(a)$ , and  $r(x)$  is a singular function.

Equality (3) is called the Lebesgue structure of the continuous function  $f(x)$  of a bounded variation.

$$I'(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\mu_I \left( \Delta_{\alpha_1(x) \alpha_2(x) \dots \alpha_n(x)}^{Q_s} \right)}{\left| \Delta_{\alpha_1(x) \alpha_2(x) \dots \alpha_n(x)}^{Q_s} \right|} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\prod_{i=1}^n q_{[s-1-\alpha_i]}}{\prod_{i=1}^n q_{\alpha_i}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{q_0^{N_{s-1}(x,n)} \dots q_{s-1}^{N_0(x,n)}}{q_0^{N_0(x,n)} \dots q_{s-1}^{N_{s-1}(x,n)}} =$$

that for an arbitrary point  $x_0 \in [0,1]$  holds  $\lim_{x \rightarrow x_0} |f(x) - f(x_0)| = 0$ .

The proof will be carried out separately for cases where  $x_0$  is a  $Q_s$ -rational and  $Q_s$ -irrational number.

Let  $x_0$  be some  $Q_s$ -irrational number. Then, for an arbitrary number  $x \in [0,1]$  such that  $x \rightarrow x_0$  it is possible to specify cylinder of rank  $n = n(x)$ :

$$\begin{cases} \alpha_j(x) = \alpha_j(x_0) & \text{where } j < n, \\ \alpha_n(x) \neq \alpha_n(x_0), \end{cases}$$

and the condition  $x \rightarrow x_0$  is equivalent to the condition  $n \rightarrow \infty$ . Then

Let us consider two numbers  $x_1 = \Delta_{\alpha_1^{(1)} \alpha_2^{(1)} \dots \alpha_n^{(1)}}^{Q_s}$ ,

$x_2 = \Delta_{\alpha_1^{(2)} \alpha_2^{(2)} \dots \alpha_n^{(2)}}^{Q_s}$ ,  $x_1 < x_2$ . Then exists a positive integer

$k$  such that:  $\alpha_1^{(1)} = \alpha_1^{(2)} = \alpha_1, \alpha_2^{(1)} = \alpha_2^{(2)} = \alpha_2, \dots, \alpha_{k-1}^{(1)} = \alpha_{k-1}^{(2)} = \alpha_{k-1}$ , but  $\alpha_k^{(1)} < \alpha_k^{(2)}$ . Then  $s-1-\alpha_k^{(1)} > s-1-\alpha_k^{(2)}$  and

The Lebesgue structure of the function  $I$  is solved in the following theorem.

**Theorem 3.** If  $q_i \neq q_{s-1-i}$ , where  $i \in A_s$ , then the inversor  $I$  is a purely singular function.

Proving. Since function  $I$  is continuous and decreasing, according to the well-known Lebesgue theorem, it has almost everywhere (in the sense of Lebesgue measure  $\lambda$ ) finite derivative. Let  $A$  be the set of points  $x \in [0,1]$  with exist  $I'(x)$ ,  $B$  be a set of normal numbers [6] in  $Q_s$ -representation. Since Lebesgue measure  $\lambda(A) = \lambda(B) = 1$ , then  $\lambda(A \cap B) = 1$ . Let's show that  $I'(x) = 0$  for any  $x = \Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n}^{Q_s} \in A \cap B$ . Because  $x \in B$ , then  $v_0(x) = q_0, v_1(x) = q_1, \dots, v_{s-1}(x) = q_{s-1}$ .

Because

$$\begin{aligned}
 &= \lim_{n \rightarrow \infty} \prod_{i=0}^{s-1} \left( \frac{q_i}{q_{s-1-i}} \right)^{N_{s-1-i}(x,n) - N_i(x,n)} = \lim_{n \rightarrow \infty} \prod_{i=0}^{s-1} \left( \frac{q_i}{q_{s-1-i}} \right)^{\frac{N_{s-1-i}(x,n) - N_i(x,n)}{n}} = \\
 &= \lim_{n \rightarrow \infty} \prod_{i=0}^{s-1} \left( \frac{q_i}{q_{s-1-i}} \right)^{v_{s-1-i}(x) - v_i(x)} = \lim_{n \rightarrow \infty} \prod_{i=0}^{s-1} \left( \frac{q_i}{q_{s-1-i}} \right)^{q_{s-1-i} - q_i}.
 \end{aligned}$$

Obviously, for every  $i \in A_s$  it is true

$$\left( \frac{q_i}{q_{s-1-i}} \right)^{q_{s-1-i} - q_i} < 1, \text{ therefore}$$

$$I'(\Delta_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n}^{Q_s}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \prod_{i=0}^{s-1} \left( \frac{q_i}{q_{s-1-i}} \right)^{q_{s-1-i} - q_i} = 0$$

and the function  $I$  is a singular function.  $\square$

We also investigated the fractal and integral properties of the inversor  $I$  which are solved in the following theorems.

**Theorem 4.** Inversor  $I$  keeps Hausdorff-Besicovitch dimension, that is, the set and its image have the same dimension if and only if  $q_i = q_{s-1-i}$  for all  $i \in A_s$ .

**Theorem 5.** The graph  $\Gamma_I = \{(x, I(x)) : x \in [0,1]\}$  of a function  $I$  is a self-affine set, namely

$$\Gamma_I = \bigcup_{i=0}^{s-1} \phi_i(\Gamma_I) \equiv \phi(\Gamma_I),$$

where  $\phi_i$  is affine transformation.

**Theorem 6.** If  $s=7$  for for Riemann integral for inversor  $I$ , holds equation:

$$\int_0^1 I(x) dx = 1 - \frac{q_0^2 + q_1^2 + q_2^2 + 4(q_0q_1 + q_0q_2 + q_1q_2) + 2(q_0q_3 + q_1q_3 + q_2q_3)}{1 - 2q_0^2 - 2q_1^2 - 2q_2^2 - q_3^2}.$$

**Conclusion.** In this paper we investigate the Lebesgue structure of the digital inversor, the  $Q_s$ -representation of numbers, we prove that it is a bijective reflection

$[0;1] \rightarrow [0;1]$ , and that function graph is a self-affine set. We also find conditions when Hausdorff-Besicovitch dimension keeps and calculate the integral.

#### REFERENCES

1. Agadzhanov A.N. Singular functions that do not have intervals of monotonicity in problems of finite control of distributed systems/ Agadzhanov A. N. // Reports of the Academy of Sciences, 2014, Vol. 454, No. 5. — P. 503-506 (in russian).
2. Albeverio S. On one class of functions related to Ostrogradsky series and containing singular and nowhere monotonic functions / S. Albeverio, O. Baranovskyi, Yu. Kondratiev, M. Pratsiovytyi // Scientific journal of NPU named after MP Drahomanov. Serya 1. Physical and mathematical sciences. — Kiev: NPU named after MP Drahomanov. — 2013. — № 15. — P. 35-55.
3. Billingsley P. The singular function on bold play / P. Billingsley. — Am. Sci., 1983. — 71. — P. 392-397.
4. Nathanson I. P. Theory of functions of a real variable / I. P. Natanson. — 3rd ed. — Moscow: Nauka, 1974.— 480 p. (in russian).
5. Peter R. Massopust. Fractal functions, fractal surfaces, and wavelets / by Peter R. Massopust. — Academic Press; 1 edition (January 18, 1995), 383 p.
6. Pratsiovytyi M. V. The fractal approach in the research of singular distributions / M. V. Pratsiovytyi. — Kyiv: View of the NPU named after M.P. Drahomanov, 1998. — 296 p. (in ukrainian).
7. Pratsiovytyi M. V. Self-affine singular and non-monotone functions related to the  $Q$ -representation of real numbers / M. V. Pratsiovytyi, A. V. Kalashnikov // Ukr. Mate. Journ — 2013. — Vol. 65, No. 3. — P. 405-417 (in ukrainian).
8. Pratsiovytyi M.V. Fractal properties of functions defined in terms of  $Q$ -representation/ M. V. Pratsiovytyi, N. A. Vasylenko// Int. Journal of Math. Analysis, Vol.7, 2013. — №64. — P.3155 - 3169.
9. Pratsiovytyi M. V. Inversor of digits of  $Q_3$ -representation for fractional part of real number as a solution of the system of three functional equations / M. V. Pratsiovytyi, I. V. Zamrii // Scientific journal of the NPU named after M.P. Drahomanov. Serya 1. Physical and mathematical sciences. Kiev: NPU named after MP Drahomanov. — 2013, № 15. — P. 156-167 (in ukrainian).
10. Turbin A.F. Fractal sets, functions, distributions / A. F. Turbin, M. V. Pratsiovytyi — K.: Naukova dumka, 1992. — 208 p. (in russian).
11. Zamrii I.V., The singularity of the inversor of digits of  $Q_3$ -representation of the fractional part of the real number, its fractal and integral properties / I.V. Zamrii, M. V. Pratsiovytyi // Nonlinear oscillations (ISSN 1562-3076). — 18, 1. — Institute of Mathematics, National Academy of Sciences of Ukraine. — 2015 — P. 55-70 (in ukrainian).
12. Zamrii I.V. Continuous functions preserving digit 1 in the  $Q_3$ -representation of number / M. V. Pratsiovytyi, I.V. Zamrii // Bukovinsky Mathematical Journal. — 3, 3-4. — Chernivtsi: Chernivtsi National University, 2015. — P. 142-159 (in ukrainian).

#### Лебеговска структура и свойства инверсора цифр $Q_s$ -изображения действительных чисел

И. В. Замрий

**Аннотация.** С помощью  $Q_s$ -изображения действительных чисел, которое является обобщением классического  $s$ -го изображения, конструируется  $s-1$ -параметрическая семья непрерывных чисто сингулярных функций (при условии  $q_i \neq q_{s-1-i}$ ,  $q_i > 0$ ,  $\sum_{i=0}^{s-1} q_i = 1$ ) с автомодельными свойствами. Обобщаются известные результаты и изучаются структурные, фрактальные, самоафинные и интегральные свойства.

**Ключевые слова:**  $Q_s$ -изображение действительного числа, инверсор цифр  $Q_s$ -изображения действительных чисел, самоафинное множество, сингулярная функция, монотонная функция.

## MEDICAL SCIENCE

### Вплив масажу на психоемоційний стан хворих з остеохондрозом шийного відділу хребта

О. Ю. Гузак, О. Б. Мальцева, Л. П. Русин, Ю. В. Дуткевич-Іванська

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна  
Corresponding author. E-mail: axela337uz@gmail.com

Paper received 09.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-13>

**Анотація.** Стаття присвячена вивченню впливу масажу на психоемоційний стан у хворих на остеохондроз шийного відділу хребта (ОШВХ). Встановлено, що масаж у поєднанні з психоемоційною корекцією пацієнтів значно покращує психоемоційні показники та якість життя (ЯК) хворих.

**Ключові слова:** остеохондроз шийного відділу хребта, психоемоційні порушення, масаж.

**Вступ.** Дослідження останніх десятиріч свідчать про тенденції до погіршення стану психічного здоров'я населення України. При цьому відбувається випереджаюче кількісне зростання неспсихотичних форм психічних розладів при захворюваннях внутрішніх органів, обумовлених неблагоприємними екологічними умовами, істотними змінами виробничих відносин, соціально-психологічних стереотипів і цінностей в умовах кризи і ринкових перетворень. На фоні прогресування захворювань внутрішніх органів прискорений темп сучасного життя, економічні проблеми, побутові негаразди створюють умови для формування хронічного стресу, на тлі якого розвиваються астеничні та психоемоційні порушення, тривожні та депресивні розлади [1,2].

Структура захворюваності на психічні розлади в Україні характеризується неухильним зростанням порушення захворювань, серед яких переважають невротичні, соматоформні та стресові розлади [1,3].

Кваліфікована допомога хворим при наявності у них неврологічних проявів остеохондрозу шийного відділу хребта (ОШВХ) є однією з найбільш складних, багатопланових та остаточно не вирішених проблем сучасної науки, а отже, важливим завданням фізичної реабілітації, як складової медичної реабілітації [2,4,5].

В оздоровленні хворих на ОШВХ фахівці цієї галузі медичної науки досягли значних успіхів в обґрунтуванні дії фізичних чинників на стан опорно-рухової системи, створенні нових реабілітаційних методик (Кенц В.В., Литвиненко А.Г., 1998; Бабов К.Д., 1999; Богданов Н.Н., 1999; Маколінець В.І., 1999; Золотарьова Т.А., 2000; Пшетаковський Й.Л., 2000; Сокрут В.Н., 2000; Богатирьова Т.В., 2001; Шмакова І.П., 2001; Тондій Л.Д., 2002; Васильєва Л.Ф., 2002; Самосяк І.З., 2004). Проте в сучасній медицині є серед не вирішених проблем відновлювального лікування пацієнтів із неврологічними проявами захворювань, потреба удосконалення системи реабілітації хворих на остеохондроз: пошук нових форм і методичних підходів до реабілітаційного процесу на різних його етапах. В основу проведеного дослідження були включені

ні питання застосування лікувального масажу, мануальної терапії та психокорекції у хворих на ОШВХ.

**Мета дослідження:** вивчення ефективності відновлювального лікування хворих на ОШВХ.

**Методи дослідження.** У статті представлено окремий етап комплексних досліджень. Під наглядом знаходились 35 хворих на ОШВХ з симптомами ПЕР, що проходили курс відновлення в реабілітаційному відділенні Ужгородської міської поліклініки (ЛК-1). Оцінку результатів оздоровлення проводили за двома напрямками: на основі отриманих раніше і опублікованих матеріалів щодо позитивного впливу ЛФК, масажу та фізіопроцедур на клініко – функціональні показники, проводили і аналіз результатів оздоровлення за змінами психоемоційного стану пацієнтів та ступенем досягнення загальної мети оздоровлення. Використання загальних та спеціальних опитувальників, тестів (по виявленню інтенсивності головного болю та головокружіння) а також шкали Гамільтона та шкали Спілберґера – дозволили деталізувати окремі прояви психоемоційних розладів при ОШВХ та відслідкувати їхню динаміку.

**Результати дослідження.** Якісна корекція функціональних порушень хребта, як основа репаративних процесів, профілактика дегенеративно-дистрофічних змін можлива лише за умови урахування усіх аспектів патогенезу (психоемоційного, механічного).

У дослідженні приймали участь 35 хворих на ОШВХ на базі Ужгородської міської поліклініки. За результатами дослідження було сформовано комплекс психокорекційних та маніпулятивних складових частин комплексу фізичної реабілітації. Було вивчено раціональність поетапної корекції (спочатку психологічної, а потім мануальної). При первинному обстеженні клінічний стан хворих ОШВХ відповідав даним літератури. Діагностична пальпація окремих м'язових груп підтвердила наявність хворобливих змін: у всіх хворих – напруженість задньої групи м'язів плечей, напруженість паравертебральних м'язів, ослаблений тонус задньої групи м'язів ший, опір при натискуванні.

**Таблиця 1.** Динаміка функціональних показників у хворих ОШВХ з симптомами психоемоційних розладів під впливом масажу на базі міської поліклініки м.Ужгород

№ п/п	Характеристика показників норми	Характеристика показників ОШВХ при обстеженні	До масажу n = 35		Після масажу n = 35		% зникнення
			абс.	%	абс.	%	
1	Нахил голови вперед до кута 70-75°	Помірне обмеження до 65°	8	23	3	37	63
		Значне обмеження – менше 65°	27	77	9	33	67
2	Розгинання голови (назад) до кута 45-50°	Помірне обмеження - до 35°	16	46	3	31	69
		Значне обмеження – менше 35°	19	54	9	47	53
3	Поворот голови в обидва боки можливий до кута 60-65°	В межах норми, але супроводжуються «хрустом»	35	100	8	23	77
4	Нахил голови у фронтальній площині можливий до кута 10-15° в обидва боки	Зменшення амплітуди рухів (тугорухомість) в усіх напрямках, супроводжуються «хрустом»	35	100	9	25	75

При об'єктивному огляді відзначено наявність порушень: у всіх хворих – повороти голови в обидва боки супроводжувалися «хрустом», амплітуда рухів в усіх напрямках зменшена, Таблиця 1. При поступленні

на оздоровлення були проведені також психоневрологічні дослідження, які підтвердили наявність у хворих ОШВХ комплексу психоемоційних порушень, табл. 2.

**Таблиця 2.** Динаміка психоемоційних показників у хворих ОШВХ з симптомами психоемоційних розладів під впливом масажу на базі міської поліклініки м.Ужгород

№	Психоемоційні порушення	До курсу масажу n = 35		Після курсу масажу			
		абс	%	Значне покращення		Незначне покращення, без змін	
				абс	%	абс	%
1.	Швидка втомлюваність	35	100	18	51	17	49
2.	Загальна слабкість	35	100	19	54	16	46
3.	Емоційна лабільність, знервованість	21	60	12	57	9	43
4.	Роздратованість, песимізм, невтриманість, негативізм	18	51	10	56	8	44
5.	Пониження енергії, упадок сил, зменшення загальної активності	21	60	17	81	4	19
6.	Порушення сну:						
	а) важкість засинання	35	100	25	71	10	29
	б) порушення нічного сну, безпідставні пробудження, неспокій	35	100	25	71	10	29
	в) відсутність почуття бадьорості та відпочинку, пробудження ранком невиспаним, відчуття розбитості зранку	35	100	25	71	10	29

В кінці курсу масажу було зафіксовано позитивну динаміку перебігу ОШВХ, що було підтверджено при опитуванні пацієнтів, дослідженнях клінічних, функціональних та психоневрологічних показників.

Неприємні відчуття (дискомфорт) в шиї у спокої зменшилися в шиї, області надпліч при рухах зменшилась за інтенсивністю. Процент зникнення помірних порушень при нахилах голови вперед та розгинаннях голови назад відмічено відповідно у 63% та 69% пацієнтів.

Власні дослідження підтвердили дані літератури про позитивний вплив масажу на психоемоційні показники у хворих із дегенеративно- дистрофічними ураженнями хребта, в тому числі при ОШВХ. Так, 17 (81%) хворих спостерігали підвищення енергійності, посилення загальної активності, 12 (57%) – зниження емоційної лабільності, знервованості.

Значне зменшення роздратованості та ознак песимізму, невтриманості та негативізму відмічено у 10 (56%) хворих. Окремі показники порушень нічного відпочинку теж змінились в напрямку нормалізації: у 25 (71%) хворих важкість засинання та відчуття ранкової розбитості значно зменшились; пацієнти відмітили збільшення бадьорості та відпочинку в ранкові години, покращення загальної працездатності.

**Висновки.** Власні дослідження підтвердили дані літератури про позитивний вплив масажу на психоемоційні показники у хворих із дегенеративно- дистрофічними ураженнями хребта, в тому числі при ОШВХ. Представлені дані є окремими етапом досліджень по розробці комплексів реабілітації для хворих на ОШВХ, потребують подальшого аналізу та вивчення.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Абабков В. А. Адаптация к стрессу. Основы теории, диагностики, терапии. – М.: Перре, 2004. – С. 166.
2. Котелевський В.І. Система комплексного застосування елементів психокорекції, лікувального масажу та мануальної терапії (ПЛМ) у медичній реабілітації хворих на вертебральний остеохондроз//Харків: Медицина и ... - 2007.-№ 4.-С. 50–53.
3. Крадинов А.И., Черноротов В.А., Крадинова Е.А. Распространённый дегенеративно-дистрофический процесс в шейном отделе позвоночника//Вестник физиотерапии и курортологии.- 2012. - № 2. – С. 128 – 129.
4. Мороз Г.С. Депресивні та тривожні розлади в терапевтичній практиці: поширеність, діагностика та лікування//Theoria.- 2011.-№3.-с. 19-23.
5. Путилина М.В. Особенности диагностики и лечения дорсопатий в неврологической практике //Consillium medicum: журнал доказательной медицины для практикующих врачей. – 2006. – Том 8. – С. 44-48.



#### REFERENCES

1. Ababkov VA Adaptation to stress. Fundamentals of theory, diagnosis, therapy. - M.: Perret, 2004. - P. 166.
2. Kotelevsky V.I. System of complex application of elements of psychocorrection, therapeutic massage and manual therapy (PLM) in medical rehabilitation of patients with vertebral osteochondrosis//Xarkov: Medicine and....-2007.-No. 4.-P.50-53.
3. Kradinov AI, Chernorotov VA, Kraidinova E.A. Propagated degenerative-dystrophic process in the cervical spine.//A journal of physiotherapy and health resorts.-2012. - No. 2. - P. 128 - 129.
4. Moroz G.S. Depressive and anxiety disorders in therapeutic practice: prevalence, diagnosis and treatment // Therapia.- 2011.-№3.-p. 19 -23.
5. Putilina MV Features of diagnosis and treatment of dorsopathies in neurological practice // Consillium medicum: a journal of evidence-based medicine for practicing doctors. - 2006. - Volume 8. - P. 44-48.

#### **The effect of the massage on the psycho-emotional state of patients with osteochondrosis of the cervical spine**

**O. U. Huzak, O. B. Maltseva, L. P. Rusin, Y. V. Dutkevich-Ivanskaya**

**Abstract.** The article is devoted to the study of the effect of the massage on the psycho-emotional state of patients with osteochondrosis of the cervical spine. It has been established that massage combined with psycho-emotional correction of patients significantly improves the psycho-emotional parameters and quality of life of patients.

**Keywords:** *osteochondrosis of the cervical spine, psycho-emotional disorders, massage.*

#### **Влияние массажа на показатели психоэмоционального состояния у больных остеохондрозом шейного отдела позвоночника**

**А. Ю. Гузак, О. Б. Мальцева, Л. П. Русин, Ю. В. Дуткевич-Иванская**

**Аннотация.** Статья посвящена изучению влияния массажа на психоэмоциональное состояние у больных остеохондрозом шейного отдела позвоночника (ОШОП). Установлено, что массаж в сочетании с психоэмоциональной коррекцией пациентов значительно улучшает психоэмоциональные показатели и качество жизни (КЖ) больных.

**Ключевые слова:** *остеохондроз шейного отдела позвоночника, психоэмоциональные нарушения, массаж.*

## Medical and social aspects of reproductive potential of youth

D. O. Kalynychenko

Educational and Scientific Institute of Physical Culture of  
Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko

Paper received 03.11.17; Revised 09.11.17; Accepted for publication 10.11.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-14>

**Abstract.** The article is dedicated to theoretical justification for methodology of research and assessment of reproductive potential of youth. It is proposed to use the characteristics of socio-economic conditions of vital activity, indices of physical and sexual development, personal qualities with the assessment of gender identification, reproductive attitudes, features of reproductive behavior, knowledge regarding reproductive health, the presence of chronic extragenital pathology and the degree of its compensation, the presence of gynecological pathology in the anamnesis and at the time of the examination.

**Keywords:** *reproductive health, reproductive potential, reproductive attitudes, extragenital pathology, reproductive behavior.*

**Introduction.** The sustainable development of society in any country substantially depends on the state of the nation's public health, its demographic prospect [22]. In the Concept of the State Program "Health - 2020: Ukrainian dimension" is specified that an unfavorable medical and demographic situation has developed in Ukraine recently, it indicates an unsatisfactory state of health of the population, which manifests itself in low birthrate, in comparison with high death rate, a negative natural increase of the population, and also high level of prevalence of chronic noninfectious diseases [9].

The priority factors of the unfavorable demographic situation are deterioration of social and economic conditions of vital activity, quality of the environment and, first of all, state of the reproductive health (RH) of the population. However, in modern social and economic conditions of development of society it can be stated that the problem requires a comprehensive medical, social and psychological study [17, c. 12 - 23].

In the Constitution of WHO is proclaimed that "the enjoyment of the highest attainable standard of health is one of the fundamental rights of every human being without distinction of race, religion, political belief, economic or social condition". However, five decades after the adoption of this Constitution, it is increasingly admitted that there are differences of the factors determining the level of health and a burden of diseases in women and men. In this regard, study of the dynamics of gender aspects of reproductive health to which the attention wasn't paid for a long time is of particular importance [2, 18].

**A brief review of publications on this topic.** The problem of RH of youth is the subject of scientific researches in various fields and a frequent topic of public hearings. The comprehensive medical and social evaluation of girls' RH was conducted in scientific researches by Yuriev V. K. (1998), was described in the scientific works of such scholars as Zhukova N.P., 2002; Ailamazian E. K., Bieliaieva T. V., 2003; Borysova Z. K., 2007; Surmach M. Yu., 2007; Koshel E. M., 2010; Buralkyna N. A., Uvarova E. V., 2010 - 2013; Znamenska M. A., Slabkyi H. O., 2012 - 2013; Shtohryn O. 2014; Kokh L. I., Burtseva H.A., 2016; Kurylo I. O., Aksonova S. Yu., Krimer B.O., 2016.

Numerous researches focus on clinical aspects of RH disorders (Hurkin, Yu. A., 2001; Zhuk S. I., 2006 - 2015; Bieliaieva N. V., 2009; Shabanova L. Yu., 2009; Levenets S. O., 2010; Pyrohova V. I., Tsolko O. R., Chaikivska E. F., 2011; Bariaieva O. Ye., 2012; Andriiets O. A., 2012;

Kharkikov A. V., 2010; Podolskyi V. V., 2013; Zaporozhan V. M., 2014; Nachotova T. A., 2016). The works of specialists in preventive medicine represent significant informative interest (Medvedovska N. V., 2010; Berdnyk O. V., Dobrianska O. V., Skochko T. P., 2013; Biletska E. M., 1999 - 2016; Stus V. P., 2015; Kurylo I. O., Aksonova S. Yu., Krimer B. O., 2016; Tsiborovskyi O. M., 2015).

Scientists have studied the influence of environmental factors on RH (Pliaskina I. V., 2008; Alieksieiev V. B., 2009; P.M. Veropotvelian, 2009; Balter R.B., 2010; Andrieieva M. V., 2013; Onul N. M., 2015).

The issues of gender identity in various fields of science of other countries were investigated by scientists - researchers such as Money J. (1955), Stoller R. (1964), Money J., Ehrhardt A., (1972), Bem S. L. (1974); Spens J. (1974 - 1993), Maccoby E., Jacklin K. (1974), Williams J. E., Best D. L., 1990. In native science, this issue was studied by: Kon I. S., Ilin Ye. P., Isaiev D. Ye., 2012; Kahan V. Ye., Dvorianchikov N. V., Nosov S. S., Salamova D. K., 2011; Iliasov F. N., 2013; Ivanova A. N., Samsonova T. V., 2015. In addition, gender norms, roles and relations in the context of reproductive health are constant issues in the action plan of the UN and WHO [20, 21, 23].

A new scientific direction has been formed today, it is called reproductology, which main subject of studying is the reproductive potential (RP), reproductive health, reproductive behavior (RB) and reproductive process (Kulakov V.I. et al., 1993; Hurkin Yu.A., 1994, 1998; Frolova O.H. et al., 1995; Ahadzhanian N.A. et al., 1998). Yuriev V.K., 1998).

Despite numerous works on studying of reproductive health, such problems as scientific justification of the organization of the specialized medico-social help of student's youth, creation of system of monitoring of reproductive potential with taking into account features of the personality and quality of life of female contingent of early reproductive age can't be considered to be solved until recently.

**The aim of the work** was to theoretically justify a methodology of research and assessment of reproductive potential on the basis of the analysis of modern scientific literature on the issues of preservation of reproductive health of young people and to generalize approaches to interpretation of the concept "reproductive potential" with determination of structure and the system of indicators of his quantitative assessment.

**Materials and methods.** General scientific methods

(generalization and systematization) of theoretical research of the problem of formation of reproductive potential among young people on the basis of system analysis were used during the course of the study. This article is a fragment of research work of Department of Medicobiological Fundamentals of Physical Culture of Educational and Scientific Institute of Physical Culture of Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko "Assessment of the reproductive potential of teenagers and youth with different types of gender identity" (state registration number 046U007542 (09.2016 – 12.2020)).

#### **Review of the publications on the topic.**

During the hearings in the Verkhovna Rada of Ukraine Committee on questions of health care on the subject: "About execution of the state program "Reproductive Health of the Nation" for the period up to 2015 and measures taken by the Ministry of Health of Ukraine in order to ensure the protection of reproductive health of the population ", Ella Libanova has noted that now women of the 90th year of birth when the birth rate was promptly reduced entered in the reproductive age. Therefore, the next 15 years can not be expected that the potential number of mothers will grow, that is, there is no reason to expect that the birth rate will increase. So the situation seems complicated. Rapid and irreversible processes of "ageing" of motherhood are added to it. The average age of a mother increases at the child's birth in European countries. In Ukraine, the average woman's age at the birth of the first child is 27.6 years. It is one of the lowest indicators in Europe so far [4].

Thus, girls of 18 - 24 years can be considered as the closest reserve of restoration of the population and a cohort of youth of active reproductive age [5, 16]. However, the state of their reproductive, physical health, deformation of social values adversely affect the realization of the opportunities of this reserve.

Evidence of the foregoing is the results of the analysis of statistical indicators of the state of health of teenage girls and girls of student age in recent years. In particular, extragenital pathology is registered in 72.4% of teenage girls, with a predominance of chronic forms (47.0%), the frequency and severity of which increases with age ( from 71,4% at teenage age up to 73,4% in a cohort of student youth) and 44,3% and 49,4% of cases of encumbrance of somatic pathology respectively. More than a half of girls (65,5%) have two or more nosologies. Among chronic forms of diseases the leading positions are taken by pathology of the musculoskeletal system (31,6%), digestive system (29,0%), organs of sight (23,9%) and endocrine system (18,8%) [1, 7].

According to the results of scientific studies of national scientists, it is known that in the structure of chronic diseases of students prevailed diseases of the nervous system (33,0%), digestive system (31,9%) and blood circulation systems (13,6%). Then followed the diseases of respiratory system (9,8%), genitourinary system (7,1%), endocrine system, disorders of metabolism (2,9%), musculoskeletal system and connective tissue (1,6%) and diseases of blood and hematopoietic organs and individual disorders involving the immune mechanism (0,1%) [1].

According to literature, the share of absolutely healthy

girls has decreased from 28.6% to 6.3% in recent years, and the general disease incidence of teenagers at the age of 15-17 years for the last 5 years has increased by 32,2%. In modern conditions, the state of RH of youth is caused by faster puberty, early sexual activity and problems of early pregnancy, childbirth, abortion, and sexually transmitted infections connected with it.

The prevalence of gynecological diseases is increasing among girls. Thus, menstrual disorders have increased by 3.5 times at an early reproductive age in recent years, diseases of inflammatory character have increased by 5,4 times [11]. According to V.I. Pyrohova with co-authors the menstrual disorders occupy the first place in the structure of gynecological diseases of early reproductive age (34—61%), the majority of which has functional origin [14].

O. P. Hnatko with co-authors define that the share of the girls suffering from gynecological diseases varies from 4.3% to 26.4%. Analyzing the nature of the gynecological pathology of the female cohort of early reproductive age, it was found that abnormal uterine bleedings occur in 12.5% - 14.3% of the examined girls; inflammatory diseases of the reproductive organs appear in 15.6 - 17.1%; neuroendocrine syndromes occur in 6.3 - 5.7%; benign tumors appear in 6,3 - 5,7% and endometriosis is in 3,1 - 2,9%; delayed sexual development occur in 3,1 - 2,9%; polycystic ovary disease occur in 15.6%-17.1% of the examined [3].

As consequences of pathology of the reproductive sphere, and especially the disorders of the menstrual function in early fertile age, leads to infertility, obstetric pathology, perinatal losses, the frequency of which has increased by 1.7 times among young women over the past twenty years and according different authors is from 1.2% to 3.0% of the corresponding age group [10].

Studying the morbidity which is connected with pregnancy and childbirth of students, it was found that 44.2% of cases of complications are linked with the previous abortion, 31.2% are connected with the primary endocrine pathology, 28.7% are linked with chronic inflammatory processes of the genital organs, urogenital and viral infection [8].

Today, it is recognized that the risk factors for diseases and disorders of RH are: adverse lifestyle (chronic stress, low physical activity, uncontrolled sexual behavior, inadequate and ineffective use of contraceptives, inappropriate nutrition, non-compliance with a work-rest schedule, etc.); the use of harmful substances (tobacco, alcohol, drugs); influence of factors of the environment (environmental pollution); negative factors of the social environment (low living standards, unemployment, uncertainty in the future, etc.); negative hereditary factors; low level of access to medical care; imperfect system of consultation and information on RH and family planning [14].

It is well-known that birthrate is the result of reproductive behavior of people who differently estimate the degree of significance of socio-economic conditions of life and take the appropriate decision on the birth of children. The study of reproductive behavior and reproductive attitudes (needs) is an essential element for understanding and forecasting of tendencies of birthrates in the region, for developing concrete measures for

effective demographic and family policy.

However, in the conditions of an adverse demographic situation, not only information about the state of health of the younger generation, which is characterized by statistical indicators, but also the future "reproductive potential", becomes of particular importance.

Today V. K. Yurev's opinion is fair and relevant. He stated that at existing extremely adverse indicators of morbidity, prevalence of diseases among the corresponding groups of the population, the use of the term "reproductive health" is not always correct, more appropriate concerning teenagers and young people is the use of the term "reproductive potential". The term "reproductive potential" should be interpreted as "the level of physical and mental state (the complex individual indicator reflecting the unity of the biological and social status of the individual), a condition that allows with the achievement of mental, sexual, biological and social maturity, under the corresponding biological, social conditions and actions of health care, to give birth and bring up healthy descendants and to provide balance of reproductive health" [18].

There are two fundamentally different authors' positions regarding the concept of reproductive potential of the population: the first position is conventionally called the "biological model" (reproductive potential is interpreted as the population's ability to reproduction and is reflected by the level of net reproduction rate (the number of the born girls and probability of their life before reproductive age) [15].

In this interpretation, the reproductive potential is considered to be completely realized if any pregnancy ends with childbirth (abortion is the most significant factor that reduces the reproductive potential of the population). However, "the biological model" limits the characteristic of reproductive potential and the effect of the main health-saving factors that have been allocated and grouped by the academician Yu. P. Lisitsyn (2010), namely: lifestyle, heredity, influence of the external environment, functioning of the health care.

The second position, substantiated by V. D. Yuriev and grounded by scientists of preventive medicine, more broadly characterizes the reproductive health and reproductive potential of the population as considers not only biological, but also its social component, combination of potential level of health and opportunities for its practical implementation with the use of the following criteria: socio-economic portrait of the family, psychological characteristics, reproductive attitudes (RA), reproductive behavior and awareness about reproductive health, the course of perinatal and postnatal periods, physical development, sexual development and degree of puberty, infectious index, the presence of chronic and extragenital pathology and the degree of its compensation, the presence of gynecological pathology in the anamnesis and at the time of the examination [12, 18].

From a position of studying of reproductive health as the basis of demographic safety of the country it is more justified the assessment of the level of the summarized reproductive potential of youth in the region.

First of all, RA are conventionally divided into two groups: firstly, there are the attitudes for the average number of children in the family, directed to achievement

of the main result of reproductive behavior; and secondly, there are the attitudes for practices of contraception. In addition, the RA consist of three components: *cognitive* (informative), *affective* (emotional) and *behavioural* (stimulating). The entity of RA consists in interaction of all three components. *The cognitive* component reflects orientation to this or that number of children, to intervals between their births, attitudes to a desirable sex of the child, to pregnancy and its happy completion. *The emotional* component of the reproductive attitude is made by the positive and negative feelings connected with the birth of this or that number of children. *The behavioral* component of the reproductive attitude characterizes the intensity of motivation to birth, the power or weakness of the reproductive attitude.

RA are implemented, first of all, under the influence of individual reproductive motives, the formation of which is influenced by economic, psychological, biological and social factors (reproductive motivations).

*Economic reproductive motivations* provide strengthening of welfare of family, receiving various privileges provided by the child's birth. *Social reproductive motivations* increase the social status of parents, heredity of the family. *Psychological reproductive motivations* are shown by requirements of meaning of life for children, love, respect, requirement of care of children, transfer of life experience, avoiding of loneliness and strengthening of the marriage relations [6; 13, c. 45 - 57].

Besides, the organism of each person has certain reproductive resources, that is an ability to change the balance to the positive side and thus to increase the reproductive potential [15, 18]. An optimal case occurs when the negative impact of medical and social risk factors is minimized and the biological reserves of the organism are high. However, it is necessary to emphasize that characterisation of reproductive health from a position of assessment of reproductive potential is appropriate only by analyzing the characteristics of the population of child and fertile age [15].

**Summary.** Over the past years, scientific researches in the field of public health, clinical medicine and psychology have shown an increase in extragenital pathology and gynecological morbidity among women of early reproductive age, early sexual activity and risky forms of sexual behavior, consistently high rates of abortion and the incidence of sexually transmitted infections among young people.

The need for urgent measures to improve the reproductive health of girls requires intersectoral researches of reproductive potential in the field of health care, demography, sociology, psychology, pedagogy with the participation of interested ministries and departments, public structures, that will allow to develop effective proposals as to optimal socio-economic conditions, improvement of the system of rendering of specialized educational, preventive and medical care for youth.

For assessment of reproductive potential of persons of early reproductive age it is expedient to use a complex of the following criteria: the characteristics of socio-economic conditions of vital activity, indices of physical and sexual development, personal qualities with the assessment of gender identification, reproductive

attitudes, features of reproductive behavior, knowledge regarding reproductive health, the presence of chronic extragenital pathology and the degree of its compensation,

the presence of gynecological pathology in the anamnesis and at the time of the examination.

#### REFERENCES

- Buralkina N. A. Regional features of formation of reproductive system of teenage girls: author's abstract of thesis to the competition of scientific degree, doctor of medical sciences : spec. 14.01.01 – “Obstetrics and gynecology” / N. A. Buralkina. – Moscow, 2013. – 40 p.
- Inclusion of a gender problems in WHO's activities. WHO Gender Policy // World Health Organization, 2002. – [Electronic resource]. – Access mode : [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/99125/1/a78322\\_rus.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/99125/1/a78322_rus.pdf).
- Hnatko O. P. Influence of somatic and gynecological pathology on reproductive health of teenage girls / O. P. Hnatko, A. I. Chubaty, L. L. Semeniuk // Obstetrics. Gynecology. Genetics. – 2016. - № 1. – P. 52 – 55.
- State Program “Reproductive Health of the Nation”: Results and Perspectives (21 December 2016 ) // Female doctor. - [Electronic resource]. – Access mode : <http://z-l.com.ua/ru/newsid/2158>.
- Health of girls and women // WHO newsletter №334 (September 2013). - [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs334/ru/>.
- Iliasov F. N. Need for children and reproductive behavior / F. N. Iliasov // Monitoring of public opinion. – 2013. - №1. – P. 168-177.
- Kalynychenko I. O. Dynamics of indicators of the state of children's health (regional aspect) / I. O. Kalynychenko // Ukraine. Health of the nation. – 2009. - № 3 (11). – P. 47 – 55.
- Kasianova N. V. Assessment of state of reproductive health of students of Donetsk Railway Transport Institute / N. V. Kasianova, I. V. Podoliaka // Medicine of transport of Ukraine. – 2008. - №1. - P. 77 – 79.
- The Concept of the State Program “Health - 2020: Ukrainian dimension” : [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=244717787>.
- Nachotova T. A. Secondary amenorrhea in teenage girls - clinical and hormonal-metabolic aspects, pathogenesis, diagnosis and treatment) : author's abstract of thesis to the competition of scientific degree, doctor of medical sciences : spec. 14. 01.01 “Obstetrics and gynecology” / T. A. Nachotova. – Charkiw, 2016. – 40 p.
- Features of the state of health of modern student youth and ways of its preservation / Serheta I.V., Dunets I.L., Stoian N.V., Panchuk O.Yu. et al. // VII International Congress on Integrative Anthropology (Vinnytsia, 17 - 18 October 2013). – Vinnytsia, 2013. – P. 145 – 146.
- Polka N. S. Approaches to formation of gender-oriented programs in the field of health protection of children and teenagers. / N. S. Polka, O. V. Berdnyk, O. V. Dobrianskaia // Environment and health. - 2015. - № 2. - P. 20 - 23.
- Psychological and psychophysiological aspects of reproductive health: Scientific and methodical manual / M.-L. A. Chepa, N. V. Slobodianyuk, S. I. Boltivets, N. D. Volodarska, O. Ya. Slobodianyuk. Foreword by academician S. D. Maksymenko. – K. : Milenium, 2005 – P. 45 – 57.
- Reproductive realities of modern teenage girls / V. I. Pyrohova, O. R. Tsolko, E. F. Chaikivska, Yu. V. Masliuk // Taurian medical and biological bulletin. – 2011. – T. 14, № 3 (p. 2). – T. 153 – 157.
- Surmach M. Yu. Reproductive health and reproductive potential: research and evaluation methodology / M. Yu. Surmach // Medical news. — 2007. — №3. — P. 40 – 45.
- Shyian Olena. Youth as a target group of state educational policy on ensuring a healthy lifestyle / Olena Shyian // Bulletin of the National Academy of Public Administration under the President of Ukraine. – 2009. – № 3. – P. 223 – 229.
- Annual report on the state of health of the population, sanitary and epidemiological situation and results of activity of the health care system of Ukraine. 2015 / edited by Shafranskyi V. V.; Ministry of Healthcare of Ukraine, State Institution “Ukrainian Institute for Strategic Studies of the Ministry of Healthcare of Ukraine”. – K., 2016. – P. 12 – 23.
- Yurev V. K. Methodology of assessment and condition of reproductive potential of girls and young women / V. K. Yurev // Problems of social hygiene, health care and history of medicine. - №4. - 2000. – P. 3 – 5.
- Development and Gender, Issue 5: Approaches to institutionalizing gender, Gender in Brief, Institute of Development Studies, University of Sussex, England, May 1997 : [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/99125/1/a78322\\_rus.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/99125/1/a78322_rus.pdf).
- Improving Adolescent Sexual and Reproductive Health: A Systematic Review of Potential Interventions / Rehana A. Salam, Anadil Faqqah, Nida Sajjad, Zohra S. Lassi, et al. // The Journal of Adolescent Health. – 2016. – Oct; 59 (4 Suppl): P. 11 - 28.
- UNFPA strategy on adolescents and youth. Towards realizing the full potential of adolescents and youth // Access mode : <https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/UNFPA%20Adolescents%20and%20Youth%20Strategy.pdf>.
- Patton G. Evidence and Evidence Gaps in Adolescent Health / G. Patton, M. Temmerman // The Journal of Adolescent Health. – 2016. – Oct; 59 (4 Suppl) : P. 1 - 3.
- Women and health: today's evidence tomorrow's agenda // WHO report. World Health Organization, 2009. – P.39.

#### Медико - социальные аспекты репродуктивного потенциала молодежи

Д. О. Калининченко

**Аннотация.** В статье выполнено теоретическое обоснование методологии исследования и оценки репродуктивного потенциала молодежи. Предлагается использовать характеристики социально - экономических условий жизнедеятельности, показатели физического и полового развития, личностные качества с оценкой гендерной идентификации, репродуктивные установки, особенности репродуктивного поведения, информированность в вопросах репродуктивного здоровья, наличие хронической экстрагенитальной патологии и степень ее компенсации, наличие гинекологической патологии в анамнезе и на момент обследования.

**Ключевые слова:** репродуктивное здоровье, репродуктивный потенциал, репродуктивные установки, экстрагенитальная патология, репродуктивное поведение.

## SPORTS PHYSIOLOGY

## Вплив фізичних навантажень на організм студентів

О. В. Тимчик, О. В. Полковенко

Київський університет імені Бориса Грінченка  
Corresponding author. E-mail: o.tymchuk@kubg.edu.ua, o.polkovenko@kubg.edu.ua

Paper received 12.11.17; Revised 18.11.17; Accepted for publication 20.11.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-15>

**Анотація.** В статті досліджені параметри фізичного розвитку у студентів протягом навчального року в залежності від різних програм фізвиховання. Результати досліджень показали, що існуюча державна програма з фізичного виховання для вищих навчальних закладів не є ефективною щодо покращення фізичного розвитку студентів. Комплексне використання нетрадиційних засобів, зокрема аеробіки, релаксації тощо нормалізує вагу, зменшує жирові відкладення, збільшує силу мускулатури, тобто призводить до покращення конституції.

**Ключові слова:** студенти, фізичний розвиток, фізичне виховання, конституція, вправи.

**Вступ.** Важливою причиною порушення нормальної функціонування діяльності організму є недостатня рухова активність. Малорухливий спосіб життя, в першу чергу призводить до зміни стану серцево-судинної системи, яка є однією з найбільш слабких складових організму. Недостатня рухова активність (гіпокінезія) насамперед обумовлена сучасним способом життя тощо [1, 2].

Метою наших досліджень було визначення найбільш ефективних засобів фізичної культури для досягнення пропорційної тілобудови в студентів. З огляду на те, що фізичний стан сучасної молоді неухильно погіршується, саме тому цей факт обумовив актуальність наших досліджень.

**Огляд літератури.** Однією з найсерйозніших негативних ознак сучасного світу є гіпокінезія, обумовлена малорухливим способом життя, це стан, який супроводжується величезною кількістю симптомів, більшість із яких виникають внаслідок недостатньої фізичної активності. Низький рівень рухової активності негативно впливає на фізичний розвиток, фізичну підготовленість та функціонування основних систем організму і є головним чинником виникнення та розвитку великої кількості захворювань сучасного суспільства. Для деяких категорій людей гіпокінезія є професійною, для інших, просто може бути способом життя. Вплив цього фактору на організм людини в цілому і, зокрема, на кістковий скелет, є предметом посиленої уваги сучасних вчених[3,5].

**Матеріали і методи дослідження.** У дослідженнях брали участь студенти двох вищих навчальних закладів денної форми навчання, яких розподілили на дві групи. Протягом навчального року перша (контрольна) група займалась фізичною культурою за Державною програмою для вищих навчальних закладів IV рівня акредитації, а друга (експериментальна) - за запропонованою комплексною програмою, до складу якої входили різноманітні фізичні вправи на всі м'язові групи.

Антропометричні вимірювання виконували за загальноприйнятою методикою з використанням стандартного інструментарію. Визначали зріст стоячи, масу тіла, обводні розміри тіла (грудної клітки, талії, плеча, стегна, гомілки), товщину жирових складок, а також похідні показники; оптимальну масу тіла за ваго-

ростовим індексом визначали за модифікованою формулою Брока:  $A=P-(L-100)$ ; де: L - довжина тіла, см, P - маса тіла, кг; A - маса тіла за формулою Брока; густину тіла визначали за формулою:  $d=1,0764-0,00081x_1-0,00088x_2$ ; де d - густина тіла; X - жирова складка над клубовим гребнем, що вимірювалась латерально на рівні середньої лінії підпахвової западини (мм),  $x_2$  - вертикальна складка на середині задньої поверхні плеча між акроміальним і ліктьовим відростками; жировий (FM) та безжировий компонент маси тіла (LBM) визначали у відсотках від загальної маси за формулами [4, 5].

**Обробка даних.** Статистичну обробку отриманих результатів здійснювалась програмою "Statistica 6". В процесі досліджень використовували стандартні формули для визначення жирового (FM) та безжирового компоненту маси тіла (LBM), модифіковану формулу Брока для визначення оптимальної маси тіла за ваго-ростовим індексом, формулу для визначення густини тіла.

**Результати досліджень та їх обговорення.** На початку навчального року ваго-ростові показники, показники густини тіла та жирового і безжирового компонентів у студентів підгруп 1 і 3 та 2 і 4 майже не відрізнялись, розбіжності між ними не достовірні.

Після занять протягом навчального року у студентів першої групи нами було виявлено незначні зміни по відношенню до досліджуваних показників. Наприклад, у підгрупі 1 маса тіла зросла всього на 0,87 %, а в підгрупі 2 майже не змінилась. Причому динаміка показників густини тіла та безжирового компонента мали тенденцію до зниження, а динаміка жирового компоненту - до зростання, що свідчило про детренованість обстежуваних осіб контрольної групи та недоліки програми, за якою вони займалися (табл.1).

В експериментальній групі відбулись значні зміни: в студентів 3 підгрупи маса тіла збільшилась на 3,5 %, однак її показники не досягали показників оптимальної маси тіла, густина тіла та відносний показник безжирового компоненту зменшились ( $P<0,01$ ), м'язовий компонент тіла достовірно ( $P<0,01$ ) збільшився; у підгрупі 4 за навчальний рік показники маси тіла теж не досягли оптимальних результатів, хоча у середньому зменшились на  $2,9\pm 0,3$  кг. Значно збільшились густина ( $357,05\pm 0,002$  до  $1,074\pm 0,003$ ) та безжировий

компонент тіла (з  $57,05 \pm 0,2$  до  $55,39 \pm 0,1$  кг). Жировий компонент зменшився на 1,83 %, що становив у середньому  $1,5 \pm 0,15$  кг (табл. 2).

**Таблиця 1.** Динаміка показників маси та складу тіла на початку навчального року в студентів контрольної (першої) та експериментальної (другої) груп, (M+m)

Показники	Групи			
	Перша		Друга	
	1 (n=9)	2 (n=13)	3 (n=10)	4 (n=11)
Маса тіла, кг	$57,4 \pm 1,4$	$66,4 \pm 1,4$	$56,3 \pm 1,2$	$64,3 \pm 1,4$
Довжина тіла, см	$168,2 \pm 0,8$	$165,6 \pm 0,9$	$167,9 \pm 0,8$	$163,3 \pm 0,9$
Оптимальна маса тіла, кг	$61,6 \pm 1,0$	$60,1 \pm 0,8$	$61,5 \pm 0,8$	$58,8 \pm 0,9$
Густина тіла	$1,074 \pm 0,001$	$1,070 \pm 0,002$	$1,074 \pm 0,003$	$1,069 \pm 0,002$
Жировий компонент маси тіла, %	$9,85 \pm 0,2$	$11,3 \pm 0,2$	$9,85 \pm 0,1$	$11,68 \pm 0,2$
Жировий компонент маси тіла, кг	$5,65 \pm 0,15$	$7,50 \pm 0,22$	$5,54 \pm 0,1$	$7,55 \pm 0,2$
Безжировий компонент маси тіла, %	$90,15 \pm 0,2$	$88,70 \pm 0,2$	$90,15 \pm 0,3$	$88,32 \pm 0,2$
Безжировий компонент маси тіла, кг	$51,73 \pm 0,3$	$58,9 \pm 0,1$	$50,75 \pm 0,1$	$57,05 \pm 0,2$

**Таблиця 2.** Динаміка показників маси та складу тіла наприкінці навчального року в студентів контрольної (першої) та експериментальної (другої) груп (M+m)

Показники	Групи			
	Перша		Друга	
	1 (n=9)	2 (n=13)	3 (n=10)	4 (n=11)
Маса тіла, кг	$57,9 \pm 1,9$	$66,5 \pm 1,7$	$58,3 \pm 1,0$	$61,4 \pm 1,0$
Довжина тіла, см	$168,2 \pm 0,8$	$165,6 \pm 0,9$	$167,9 \pm 0,8$	$163,3 \pm 0,9$
Оптимальна маса тіла, кг	$168,2 \pm 0,8$	$165,6 \pm 0,9$	$167,9 \pm 0,8$	$163,3 \pm 0,9$
Густина тіла	$1,073 \pm 0,001$	$1,069 \pm 0,002$	$1,076 \pm 0,002$	$1,07 \pm 0,003$
Жировий компонент маси тіла, %	$10,22 \pm 0,1$	$11,68 \pm 0,1$	$9,13 \pm 0,1$	$9,85 \pm 0,1$
Жировий компонент маси тіла, кг	$5,92 \pm 0,12$	$7,76 \pm 0,25$	$5,32 \pm 0,1$	$6,05 \pm 0,1$
Безжировий компонент маси тіла, %	$89,78 \pm 0,1$	$88,32 \pm 0,2$	$90,87 \pm 0,2$	$90,15 \pm 0,1$
Безжировий компонент маси тіла, кг	$51,98 \pm 0,1$	$58,7 \pm 0,1$	$52,95 \pm 0,1$	$55,39 \pm 0,1$

Отже, результати, одержані в експериментальній групі, свідчать про те, що заняття з елементами гімнастики, аеробіки сприяють нормалізації маси тіла внаслідок позитивних змін щодо тіла. В процесі досліджень визначали обводні розміри тіла: обвід грудної клітки (ОГК), її екскурсію, обвід талії (ОТ), плеча (ОП) в розслабленому та напруженому станах, стегна (ОС), гомілки (ОГ) тощо.

На початку навчального року між підгрупами 1 і 3, а також 2 і 4 суттєвих статистичних розбіжностей за усіма обводними розмірами тіла не виявлено. Наприкінці навчального року в контрольній групі у всіх обстежуваних відмічається тенденція до збільшення всіх обводних розмірів (табл. 3, 4), що можна пояснити загальним збільшенням маси, головню завдяки жировому компоненту тіла.

**Таблиця 3.** Динаміка показників обводних розмірів тіла на початку навчального року в контрольній (1, 2) та експериментальній (3, 4) групах, (M±m)

Показники	Підгрупа			
	1 (n=9)	2 (n=13)	3 (n=10)	4 (n=11)
Обвід грудної клітки у спокої, см	$84,9 \pm 1,93$	$91,9 \pm 1,19$	$84,8 \pm 0,85$	$92,2 \pm 0,86$
Екскурсія грудної клітки, см	$7,6 \pm 0,14$	$8,6 \pm 0,13$	$7,8 \pm 0,08$	$8,4 \pm 0,09$
Обвід талії, см	$63,8 \pm 1,63$	$73,1 \pm 1,02$	$64,0 \pm 0,47$	$73,5 \pm 0,79$
Обвід стегна прав., см	$52,9 \pm 1,0$	$59,8 \pm 0,66$	$53,3 \pm 0,81$	$60,0 \pm 0,60$
Обвід стегна лів., см	$53,0 \pm 0,96$	$59,6 \pm 0,77$	$53,3 \pm 0,68$	$59,3 \pm 0,79$
Обвід гомілки прав., см	$35,1 \pm 0,66$	$38,6 \pm 0,72$	$35,3 \pm 0,40$	$38,5 \pm 0,85$
Обвід гомілки лів., см	$35,3 \pm 0,70$	$38,8 \pm 0,75$	$35,4 \pm 0,46$	$38,7 \pm 0,62$
Обвід плеча прав., см (розслаблений стан)	$25,9 \pm 0,63$	$27,8 \pm 0,44$	$26,2 \pm 0,43$	$28,0 \pm 0,39$
Обвід плеча лів., см (розслаблений стан)	$25,1 \pm 0,70$	$27,3 \pm 0,38$	$25,2 \pm 0,43$	$27,5 \pm 0,36$
Обвід плеча прав., см (напружений стан)	$27,3 \pm 0,16$	$28,4 \pm 0,52$	$27,5 \pm 0,46$	$29,1 \pm 0,42$
Обвід плеча лів., см (напружений стан)	$26,3 \pm 0,63$	$28,0 \pm 0,44$	$26,8 \pm 0,40$	$28,6 \pm 0,39$

Яскравим прикладом цього можуть бути показники обводних розмірів плеча. Наприкінці навчального року в обох підгрупах (1 і 2) показники ОП в розслабленому стані збільшились, різниця між напруженим та розслабленим станами у більшості випадків, хоч є і не достовірною, однак за отриманими результатами зменшилася, що і підтверджується зменшення м'язового і збільшення жирового компонента маси тіла по відношенню до студентів контрольної групи.

В експериментальній групі обводні розміри достовірно зменшились, за винятком ОП у напруженому

стані. ОП у 3 підгрупі зменшився в середньому на  $1,9 \pm 0,6$  см, а в підгрупі 4 - на  $2,2 \pm 0,5$  см, а екскурсія грудної клітки збільшилась відповідно на  $2,2 \pm 0,08$  см, що може характеризувати поліпшення фізичного розвитку. ОТ у 3 підгрупі зменшився на  $2,3 \pm 0,4$  см, у порівнянні з 4 підгрупою студентів на  $4,3 \pm 0,5$  см, об'єми стегон відповідно на  $1,2 \pm 0,3$  та  $2,1 \pm 0,5$  см, гомілок -  $0,7 \pm 0,2$  та  $2,3 \pm 0,4$  см.

ОП у розслабленому стані в підгрупі 3 зменшився на  $0,8 \pm 0,02$  см, а в напруженому збільшився на  $0,6-1,1 \pm 0,03$  см. Різниця між напруженим і розслабленим



станами наприкінці навчального року збільшилась на 1,2 - 1,9 см порівняно з вихідними даними. Аналогічні зміни у динаміці обводних розмірів плеча були вияв-

лені також і в підгрупі 4, що свідчить про значне збільшення м'язової маси тіла завдяки зниженню жирового компонента.

**Таблиця 4.** Динаміка показників обводних розмірів тіла наприкінці навчального року в контрольній (1, 2) та експериментальній (3, 4) групах, (M±m)

Показники	Підгрупа			
	1 (n=9)	2 (n=13)	3 (n=10)	4 (n=11)
Обвід грудної клітки у спокої, см	85,3±2,00	92,3±1,22	82,9±0,76	90,0±0,74
Експерсія грудної клітки, см	8,0±0,16	8,9±0,09	10,0±0,07	11,2±0,12
Обвід талії, см	64,6±1,50	73,4±1,11	61,7±0,52	69,3±0,82
Обвід стегна прав., см	53,1±0,96	60,1±0,58	52,0±0,75	57,8±0,66
Обвід стегна лів., см	53,4±1,06	60,0±0,58	52,0±0,75	57,3±0,61
	35,4±0,70	38,8±0,66	34,6±0,43	36,2±0,54
Обвід гомілки прав., см	35,4±0,70	38,8±0,75	34,6±0,43	36,2±0,54
Обвід гомілки лів., см	35,4±0,70	38,9±0,72	34,7±0,40	36,4±0,55
Обвід плеча прав., см (розслаблений стан)	26,2±0,66	28,0±0,38	25,4±0,44	25,4±0,45
Обвід плеча лів., см (розслаблений стан)	25,8±0,63	27,6±0,33	24,6±0,40	25,0±0,39
Обвід плеча прав., см (напружений стан)	27,2±0,60	28,5±0,42	28,1 ±0,40	28,6±0,48
Обвід плеча лів., см (напружений стан)	26,2±0,70	28,3±0,38	27,9±0,43	27,4±0,45

Отже, аналіз обводних розмірів тіла підтверджує значне поліпшення фізичного розвитку протягом року в студентів експериментальної групи в порівнянні з контрольною групою. Слід зазначити, що фізичні вправи впливають на поліпшення фізичного розвитку жінок молодого віку, однак суттєво залежать від комплексу методик щодо їх проведення.

На жаль, запропонована державна програма з фізичного виховання не дає бажаних результатів, тому визначення та наукове обґрунтування традиційних і нетрадиційних засобів фізичної культури необхідне для досягнення відповідного фізичного розвитку і загального стану здоров'я.

**Висновки**

1. Маруненко, І. М. Генетика людини з основами психогенетики: навч. пос. // К.: КУ ім. Бориса Грінченка, 2014, 230 с.  
 2. Маруненко, І. М. Психогенетика: навч. пос. // К.: КУ ім. Бориса Грінченка, 2015, 294 с.  
 3. Маруненко, І. М. Медико-соціальні основи здоров'я: навч. пос. // К.: КУ ім. Бориса Грінченка, 2015, 316 с.

**ЛІТЕРАТУРА**

4. Филиппова, О. В. Возрастные характеристики родителей и особенности психических признаков потомств в урбанизированных популяциях Восточной Украины // Досягнення біології та медицини, 2007. № 2, С. 58–68.  
 5. Yang, J. Common SNPs explain a large proportion of the heritability for human height // Nature Genetics, 2010. 42, Is. 7, P. 565– 569.

**REFERENCES**

1. Marunenko, I. M., Timchik, O. V., Nevedomska, Y. O. Human Genetics psychogenetics with the basics. Kyiv: Borys Grinchenko Kyiv University, 2015. 230.  
 2. Marunenko, I. M., Timchik, O. V., Nevedomska, Y. O. Psychogenetics. Kyiv: Borys Grinchenko Kyiv University, 2015. 294.  
 3. Marunenko, I. M., Timchik, O. V. Medical and social bases of health. Kyiv: Borys Grinchenko Kyiv University, 2015. 316.  
 4. Filipcova, O. V., Atramentova, L. A. Age characteristics of the parents and especially the mental offspring characteristics in urban populations in eastern Ukraine // The achievements of biology and medicine, 2, 2007. P.58–68.

**Influence of physical exercises of a different directedness to a constitution of the students**

**O. V. Timchik, O. V. Polkovenko**

**Abstract.** The parameters of physical development on stretch of academic year at the students were investigated which attended under the different programs of physical education. The outcomes of researches have shown that the existing state program on physical education for higher educational establishments is not effective in improving physical development of students. Complex use of untraditional means: an aerobic, relaxation etc. influences normalization of weight of a skew field, reduces fatty adjourment, strengthens muscles, i.e. promotes improving of a constitution.

**Keywords:** students, physical development, physical education, constitution, exercises.

**Влияние физических упражнений на организм студентов**

**О. В. Тимчик, О. В. Полковенко**

**Аннотация.** В статье исследованы параметры физического развития у студентов на протяжении учебного года в зависимости от различных физкультурных программ. Результаты исследований показали, что существующая государственная программа по физкультуре для высших учебных заведений не эффективна в отношении улучшения физического развития студентов. Комплексное использование нетрадиционных средств: аэробика, релаксация, и т.п. нормализует вес, сокращает жировые отложения, увеличивает силу мускулатуры, т.е. приводит к улучшению конституции.

**Ключевые слова:** студенты, физическое развитие, физическое воспитание, конституция, упражнения.

## TECHNICAL SCIENCES

### Modified gradient method in a decision support system for control unmanned aerial vehicles

O. V. Barabash, N. B. Dakhno, H. V. Shevchenko

State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

Paper received 09.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-16>

**Abstract.** We consider dynamic models of decision support systems for controlling unmanned aircraft set of equations with small nonlinearity and the  $K$  - positive determined  $K$  - symmetric operators. To these models, gradient method is applied. Methodology is developed for practical convenience of gradient methods. Application of gradient methods to dynamic models in decision support systems for controlling unmanned aircraft consists of algorithms and corresponding unit circuits. Present method makes it possible to optimally implement of gradient methods in the automation control drones.

**Keywords:** *dynamic models, decision support system, flight mission, unmanned aerial vehicles, gradient method.*

**Introduction.** Mathematical courses of universities, focus on the substantiation of the mathematical apparatus and the formal methods of solving a narrow class of problems. As a result, the course of mathematics is unjustifiably complicated, overloaded with non-working material and at the same time poor in content. It does not take into account modern trends in applied mathematics, in particular, related to the development of methods that have a broad and relevant application area of application, with considerable attention to algorithms and computers. Teachers of mathematics at universities while refining the course often do not care about how the student will "work" in the future. Therefore moving from the course of mathematics to other disciplines in order to study special literature, and later - to practical activities, he forced to radically retrain.

The course of mathematics for military specialists now has to take into account the current intensive development of the concepts and methods underlying the application of mathematics. It should be a course of applied mathematics, which includes the necessary theoretical concepts.

In practice, a university graduates are often faced with complex computational problems arising from the physical and technical problems. Such tasks can be broken down into a number of elementary ones - such as calculating an integral, solving a differential equation, etc. Many of the basic tasks are simple and well studied. For such tasks, methods of numerical solution have already been developed. There are also quite complex elementary tasks

These methods include methods of variational-gradient type which arose from a combination of ideas of direct and iterative methods. Such synthesis is due to the need to eliminate the inherent weaknesses.

The theory of variational-gradient methods is well designed for linear equations in Hilbert space with positive definite symmetric operators [1,2]. For equations that do not have such properties, the theory of variational-gradient method is under development. Variational-gradient methods are stable, have a reasonable rate of convergence and does not require knowledge of the functional operator spectrum boundaries.

As a result the spread of these methods to a wider class of equations and the application of the theory of variational-gradient methods to dynamic models in the DMSS for remote control of the UAV will increase the accuracy and speed of the calculations during the flight in accordance with the given program. This will allow to develop or adjust the optimal UAV flight program for solving the problems of observation and search of specified objects in real time,

#### Main part

**1. The problem setting.** In order to minimize the cost of performing the flight tasks, it is necessary to implement an appropriate decision support system (DSS), which allows real time development of the optimal UAV flight program [3].

The decision support system includes a number of mathematical models. The main part consists of models based on the integral-differential equations, often nonlinear.

To date, research on nonlinear UAV models has been developed very poorly. Therefore, the propagation of the gradient method to a class of equations with small nonlinearity and  $K$ -positively defined  $K$ -symmetric operator is an actual and important task.

**2. The analysis of the last studies and publications.** The task of planning the trajectory in the context of managing complex technical objects is studied from the 50s of the XX century. One of the first projects in this area was the well-known project by Stanford University of the United States for the creation of the SHAKEY robot in 1966-1972. It was the project which initiated a long-term study of methods and approaches for solving trajectory planning and the management of unmanned aerial vehicles, which are paid a lot of attention [4, 5].

Recently, considerable attention has been paid to the application of decision support systems for control tasks and the safety level of UAV flight [1, 6-8]. Unfortunately, almost all existing trajectory planning methods used in modern aircraft unmanned aerial vehicle control systems are resource-intensive.

**3. The algorithm of modified gradient method.** The basis of the systems for monitoring the surface by the UAV is a decision support system that is described by mathematical models. The algorithms that coordinate the dynamic characteristics of the observation object with the flight parameters of the UAVs are explored and developed in such systems.

An acceleration of the decision of mathematical models with weak nonlinearity with the help of modified gradient method will allow to improve the accuracy of UAV control and increase the reliability of the adopted decisions.

We shall consider a dynamic model, which is described by the following equation:

$$Au + \lambda F = f, f \in H, \tag{1}$$

here  $\lambda$  - is a parameter,  $H$  - Hilbert space, operator  $A: D(A) \rightarrow H$  is defined on a dense in  $H$  set is a linear  $K$ -positive definite and  $K$ -symmetric [9]. That is, there is a closing operator  $K: D(K) \rightarrow H, D(K) \subset D(A)$ , such as

$$\exists \mu, \nu > 0 : (Au, Ku) \geq \mu \|u\|^2, \forall u \in D(A), \tag{2}$$

$$\|Ku\|_2 \leq v(Au, Ku), \forall u \in D(A), \quad (3)$$

$$(Au, Kv) = (Av, Ku), \forall u, v \in D(A), \quad (4)$$

Assume that there exists a linear  $K$ -positive definite and  $K$ -symmetric operator,  $B: D(B) \rightarrow H$  in  $D(B)=D(A)$ , for which it is easy to construct an inverse one.

Let the condition be fulfilled:

$$\exists \gamma, \delta > 0 : 0 < \gamma < \delta < \infty,$$

$$\forall u \in D(A) \gamma(Bu, Ku) \leq (Au, Ku) \leq \delta(Bu, Ku) \quad (5)$$

Operator  $F: D(F) \rightarrow H$  defined on a set that is dense in  $H$  and  $D(A) \subset D(F)$  is nonlinear  $K$ -monotonous  $K$ -Lipschitz continuous that is:

$$\exists \alpha, \beta > 0 : \forall u, v, h \in D(F)$$

$$\|(Fu - Fv, K(u - v))\| \geq \alpha(B(u - v), K(u - v)) \quad (6)$$

$$\|(Fu - Fv, K(u - v))\| \leq \beta(B(u - v), K(u - v)) \quad (7)$$

Under (2) - (7) equation (1) has a single generalized solution.

We consider the equation (1) and assume that (2) - (7) are fulfilled.

Let  $u_0 \in D(A)$  - arbitrary initial approximation. Suppose that  $(k - 1)$ -th approximation is found. Then for the following ones we use the scheme:

$$Bu_k = Bu_{k-1} + \tau_k r_k, \quad (8)$$

here  $\tau_k$  the coefficient, a  $r_k$  - mismatch

$$r_k = f - Au_{k-1} - \lambda Fu_{k-1} \quad (9)$$

Unknown coefficient  $\tau_k$  we can find from the functional minimum condition

$$\Phi(u_k) = (Au_k, Ku_k) - 2(f, Ku_k) + 2\lambda(Fu_{k-1}, Ku_k) \quad (10)$$

As there are exists an reversed operator for  $B$ , then (8) can be rewritten in a form

$$u_k = u_{k-1} + \tau_k B^{-1}r_k \quad (11)$$

From the condition of the minimum of the functional (10), taking into account (11) we obtain the formula for  $\tau_k$  determination:

$$\tau_k = \frac{(B^{-1}r_k, Kr_k)}{(AB^{-1}r_k, KB^{-1}r_k)} \quad (12)$$

**4. Validation of modified gradient method.** Let's set a new scalar product on  $D(B)$ :

$$[u, v] = (Bu, Kv), u, v \in D(B). \quad (13)$$

Then, for (13), all axioms of the scalar product hold, and the linear set  $D(B)$  can be considered as a real Hilbert space. We will call the closure of a set  $D(B)$  in the sense of the metric (13) an energy space  $H_B$ . The norm of an element  $u$  in space  $H_B$ . will be denoted  $\|u\|_B$ , so that

$$\|u\|_B^2 = [u, u], u \in D(B). \quad (14)$$

**Theorem.** If in (1) the operators  $A$  and  $F$  satisfy the conditions (2) - (7), parameter  $|\lambda| < \frac{2\gamma^{\frac{5}{2}}}{\beta\sqrt{\delta}(\gamma+\delta)}$ , then the modified gradient method (8) - (12) is convergent and the rate of convergence is characterized by:

$$\|u^* - u_k\|_B \leq \eta q^k \|u^* - u_0\|, k \geq 1, \quad (15)$$

$$\eta = \frac{\delta + \lambda\beta}{\gamma + \lambda\alpha}, q = \rho + |\lambda| + \frac{\beta\sqrt{\delta}}{\gamma^{\frac{3}{2}}}, \rho = \frac{\delta - \gamma}{\delta + \gamma} \quad (16)$$

**Proof:** Let  $K_0$  - be the expansion of the operator  $K$  over space  $H_B$ . Then operators  $A$  and  $B$  can be expanded to closed  $K_0$ -positive-definite operators  $A_0$  and  $B_0$ , such that  $A_0 \supset A$ ,  $B_0 \supset B$ .  $A_0$  in  $B_0$  has continuous inverse ones and  $H_B$  contains all the elements that implement a minimum of functional  $\Phi(u_k)$ .

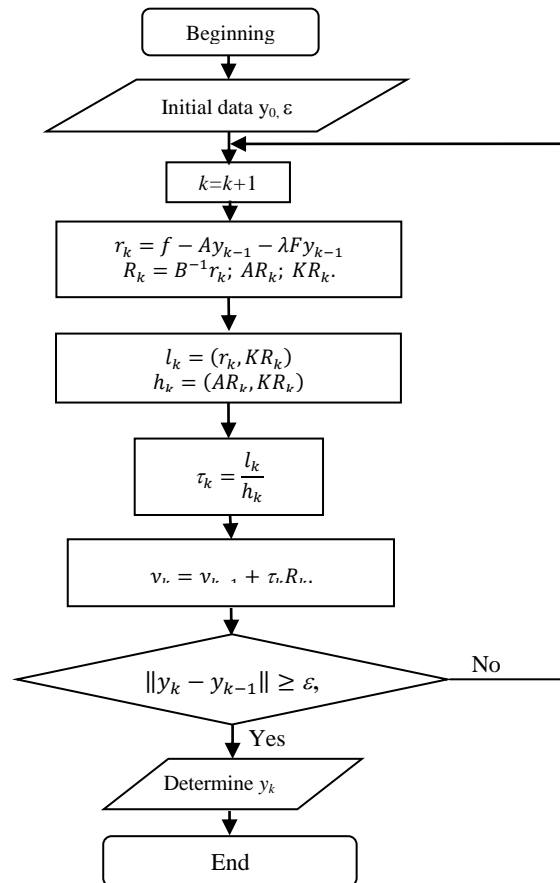
Let:

$$G = B_0^{-1}A_0, C = B_0^{-1}F, g = B_0^{-1}f. \quad (17)$$

The operator  $G$  can be extended all over  $H_B$ . Let's denote this expansion by  $G_0$ .

Let's consider an equation

$$G_0u + \lambda Cu = g, g \in H_B. \quad (18)$$



**Fig. 1.** Block diagram of the modified gradient algorithm a method for equations with small nonlinearity and  $K$ -positive definite  $K$ -symmetric operator

The operators  $G_0$  in  $C$  act in space  $H_B$ . Operator  $G_0$  is a linear positive definite bounded and symmetric in  $H_B$ . So, according to (4) and (17), we get

$$\forall u, v \in H_B : [G_0u, v] = [B_0^{-1}A_0u, v] = (A_0u, Kv) \quad (19)$$

$$= (A_0v, Ku) = [G_0v, u]$$

And condition (5) is as follows:

$$\gamma \|u\|_B^2 \leq [G_0u, u] \leq \delta \|u\|_B^2, \forall u \in H_B. \quad (20)$$

For a nonlinear operator  $C$ , conditions (6), (7) will be:

$$[Cu - Cv, u - v] \geq \alpha \|u - v\|_B^2, \forall u, v \in H_B, \quad (21)$$

$$[Cu - Cv, u - v] \leq \beta \|u - v\|_B^2, \forall u, v \in H_B. \quad (22)$$

According to the inequalities (21), (22), the nonlinear operator  $C$  is Lipschitz - continuous and monotonic. That is, equation (18) has a unique solution.

After the replacement (17) method (8) - (12) will look like:

$$u_k = u_{k-1} + \tau_k \varepsilon_k \quad (23)$$

where  $\varepsilon_k = g - G_0u_{k-1} - \lambda C u_{k-1}$ , and unknown coefficient  $\tau_k$  is found from the condition of functional minimum:

$$\Phi(u_k) = [G_0u_k, u_k] - 2[g, u_k] + 2\lambda[Cu_{k-1}, u_k]. \quad (24)$$

After transformations we get an expression to define  $\tau_k$

$$\tau_k = \frac{[\varepsilon_k, \varepsilon_k]}{[G_0\varepsilon_k, \varepsilon_k]} \quad (25)$$

Thus, the solution of equation (1) by the method (8) - (12) is equivalent to solving the equation (18) by the method (23) - (25). According to the convergence theorem of the gradient method applied to equations with small nonlinearity [10], the method (23) - (25) converges, that is, the method (23) - (25) converges too and the rate of convergence is characterized by an estimate (15).

**5. Method of application of modified gradient method for dss models with small nonlinearity and  $k$ -positively defined,  $k$ -symmetric operator.** Consider the computational

scheme which should be used in practical implementation of the modified gradient method for dynamic models with low nonlinearity and  $K$ - positively defined  $K$ -symmetric operator (Fig. 1).

Let  $y_0 \in D(A)$  – be arbitrary initial approximation,  $\varepsilon > 0$  the required accuracy of the desired solution,  $k$  is the iteration number.

1. Initialization of initial data  $y_0, \varepsilon, k = 1$ .

2. Calculation of expressions

$$r_k = f - Ay_{k-1} - \lambda Fy_{k-1};$$

$$R_k = B^{-1}r_k; AR_k; KR_k.$$

3. Calculation of scalar products:  $l_k = (r_k, KR_k), h_k = (AR_k, KR_k)$

4. Calculation of parameter:  $\tau_k: \tau_k = \frac{l_k}{h_k}$

5. Calculation of approximation:  $y_k = y_{k-1} + \tau_k R_k$ .

6. Test of the condition: if  $\|y_k - y_{k-1}\| \geq \varepsilon$ , then  $k = k + 1$  and repeat 2 – 6.

The block diagram for this algorithm is shown in Fig. 1

**Conclusion.** The application of the modified gradient method to dynamic models described by equations with small nonlinearity and  $K$ -positively defined  $K$ -symmetric operators will increase the efficiency of the use of unmanned intelligence and surveillance systems by automating the preparation of the flight task, optimizing the flight path with anchoring to the electronic maps of the area and the definition of optimal flight parameters with the possibility of correction of flight task parameters in real time.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Барабаш О.В., Дахно Н.Б. Методика застосування варіаційно-градієнтних методів для динамічних моделей в системах підтримки прийняття рішень. Науково-виробничий збірник «Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку». – Київ : УНДІЗ, 2015, № 5(39), С. 87–92.
- [2] Дахно Н. Б. Двокроковий варіаційно-градієнтний метод для рівнянь з  $K$ -позитивно визначеним та  $K$ -симетричним оператором. Доповіді НАН України. Київ : НАНУ, 2000, № 4, С.14–17.
- [3] Самков О.В., Сілков В.І., Гожий О.П., Мавренков О.С. Підтримка прийняття рішень в системі управління літального апарата. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. Київ : ДНДІА, 2012, Вип.(8)15, С.104–109.
- [4] Ільющко В.М., Митрахович М.М., Самков А.В., Сілков В.І. Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик. Под общ. ред. В.И Силкова. – Київ: ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2012, 302 с.
- [5] Мосов С.П., Хращевський Р.В. Аналіз застосування авіації в післявоєнний період. Системи озброєння і військова техніка. –Харків: ХУПС, 2009, № 1 (17), С.67–71.
- [6] Барабаш О.В., Обідін Д.М., Мусієнко А.П. Модель баз знань інтелектуальної системи управління високошвидкісного рухомого об'єкта на основі її верифікації. Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Харків: ХУПС, 2004, № 5 (121), С.3–6.
- [7] Kravchenko Yr., Vialkova V. "The problem of providing functional stability properties of information security systems" *Proceedings of the XIIIth International Conference «Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science» (TCSET'2016)* Lviv-Slavsko, Ukraine February 23–26, 2016, pp. 526–530.
- [8] Mukhin HU, V., Komaga Y., Barabash O., Herasymenko O. Analytical Assessment of Security Level of Distributed and Scalable Computer Systems. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*. Vol. 8, № 12, Hong Kong: MECS Publisher, 2016, pp. 57–64.
- [9] Petryshyn W. V. On Clas of  $K$ -p.d. and Non- $K$ -p.d. Operators and Operator Equation, *Journal of Matheamatical analysis and applications*. Vol.10, No 1, February, 1965, pp.1-24.
- [10] Дахно Н. Б. Застосування модифікованого градієнтного методу до операторних рівнянь з малою нелінійністю для аналізу захищеності інформаційних структур. Вісник ДУІКТ. Київ : ДУІКТ, 2009, Том 7(4), С.323–327.

#### REFERENCES

- [1] Barabash O.V., Dakhno N.B. The technique for implementation of variational-gradient method for dynamic models in decision support system. *Scientific and production digest "Scientific proceeing of Ukrainian research institute of communication"* , 2015, № 5(39), P. 87–92.
- [2] Dakhno N.B. Two-step variational-gradient method for equations with  $K$ -positive definite and  $K$ -symmetric operator. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2000, № 4, P.14–17.
- [3] Samkov O.V., Silkov V.I., Gozhiy O.P., Mavrenkov O.E. Support for decision making in the aircraft control system. *Collection of scientific papers of the State Research Institute of Aviation*. 2012, №(8)15, P.104–109.
- [4] Ilyushko V.M., Mitrahovich M.M., Samkov A.V., Silkov V.I. Unmanned aerial vehicles: Approximate calculation methods of basic parameters and characteristics. 2012, 302 p.
- [5] Mosov S.P., Khrashchevskyi R.V. The analysis of application of aircraft in a post-war period. *Weapon systems and military equipment*. 2009, № 1 (17), P.67–71.
- [6] Barabash O.V., Obidin D.M., Musienko A.P. Knowledge base model of intellectual control system of high-speed moving objects based on its verification. *Information processing system*. 2004, № 5 (121), P.3–6.
- [7] Kravchenko Yu., Vialkova V. "The problem of providing functional stability properties of information security systems" *Proceedings of the XIIIth International Conference «Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science» (TCSET'2016)* Lviv-Slavsko, Ukraine February 23–26, 2016, pp. 526–530.
- [8] Mukhin HU, V., Komaga Y., Barabash O., Herasymenko O. Analytical Assessment of Security Level of Distributed and Scalable Computer Systems. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*. Vol. 8, № 12, Hong Kong: MECS Publisher, 2016, pp. 57–64.
- [9] Petryshyn W. V. On Clas of  $K$ -p.d. and Non- $K$ -p.d. Operators and Operator Equation, *Journal of Matheamatical analysis and applications*. Vol.10, No 1, February, 1965, pp.1-24.
- [10] Dakhno N.B. Application of a modified gradient method to operator equations with a small nonlinearity for the analysis of the security of information structures. *Bulletin GUICT*. 2009, №7(4), P.323–327.

#### Модифицированный градиентных методов в системах поддержки принятия решений для управления беспилотных летательных аппаратов

О. В. Барабаш, Н. Б. Дахно, Г. В. Шевченко

**Аннотация:** Рассмотрены динамические модели систем поддержки принятия решений для управления беспилотными летательными аппаратами заданными уравнениями с малым нелинейностью и  $K$ -положительными определенными  $K$ -симметричными операторами. Приведена методика применения модифицированного градиентного метода, которая дает возможность оптимально реализовывать метод в процессе автоматизации управления беспилотными летательными аппаратами.

**Ключевые слова:** динамические модели, система поддержки принятия решений, беспилотный летательный аппарат, траектория полета, вариационно-градиентный метод, градиентный метод.

## Определение структуры маневра экстренного расхождения

Е. П. Чапчай, А. И. Бурмака

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

Paper received 08.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-17>

**Аннотация.** Рассмотрена стратегия маневрирования судна для предупреждения столкновения с целью в ситуации чрезмерного сближения. Показано, что структура стратегии расхождения зависит от текущей относительной позиции судна и цели, а также их параметров движения. Маневр расхождения может содержать от двух до пяти этапов. Получены условия реализации каждого из этапов и приведены аналитические выражения расчета его параметров.

**Ключевые слова:** безопасность судоходства, предупреждение столкновения судов, стратегия экстренного расхождения, чрезмерное сближение судов.

**Введение.** При плавании в стесненных водах возрастает риск столкновения судов из-за повышенной интенсивности их движения и ограниченного пространства для маневра, что нередко ведет к возникновению ситуации чрезмерного сближения с угрозой столкновения. Развитие таких ситуаций зачастую заканчиваются столкновением судов. В ситуациях чрезмерного сближения МППСС-72 обязывают оба судна предпринимать все возможные меры, обеспечивающие безопасное расхождение. В таких ситуациях оба судна принимают решения по безопасному расхождению в условиях неопределенности относительно предстоящих действий партнера. Поэтому безопасный исход в таких ситуациях в большей мере определяется не рациональным принятием решения, а интуицией капитана и везением.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Совершенствованию способов выявления ситуации опасного сближения и предупреждению возможного столкновения посвящены работы [1-4]. В работе [1] разработан метод синтеза гибких стратегий расхождения, согласно которому структура стратегии расхождения зависит от значения ситуационного возмущения. В работе [2] показана зависимость типов взаимодействия судов при возникновении ситуационных возмущений от степени опасности столкновения. В работе [3] рассмотрена проблема разработки оптимальной структуры системы бинарной координации взаимодействия пары судов в ситуации опасного сближения, причем согласованность маневров судов предпочтительно оценивать скоростью изменения дистанции кратчайшего сближения.

Описание процесса расхождения судов методами дифференциальных игр предложено в работах [4-6], а также отмечается сложность задачи выбора оптимального маневра расхождения, как многомерного процесса управления движением судна, отличающегося нелинейными и нестационарными характеристиками.

В работе [7] излагается теоретическое обоснование автономной судовой системы предупреждения столкновения судов (Collision avoidance). Также рассматриваются требования к автономной навигации. Указывается, что исследования по автоматизации управления судном, которые проводятся в настоящее время, могут быть представлены в классической или компьютерной категориях. Классические подходы основаны на математических моделях и алгоритмах, а компьютерные технологии используют искусственный интеллект (Artificial Intelligence). Работа носит теоретический характер и не содержит рекомендаций практическому судоходству. В работе [8] представлены исследования по проблеме обеспечения безопасного расхождения судов методами

внешнего управления с использованием недопустимых областей курсов или скоростей судов.

**Цель.** Целью настоящей статьи является рассмотрение структуры маневра экстренного расхождения и выявление факторов влияющих на нее.

**Материалы и методы.** Согласно правилу 17 МППСС-72 в ситуациях чрезмерного сближения оба судна обязаны предпринять меры для безопасного расхождения. В таких ситуациях оба судна принимают решения в условиях неопределенности относительно предстоящих действий партнера, что обуславливает целесообразность использования минимаксных стратегий расхождения. В данной статье при рассмотрении маневра расхождения в ситуации чрезмерного сближения исследуется не только уклонение судна от опасной цели при ее непредсказуемом поведении, а и изменение курса судна до момента выхода на программную траекторию движения.

Как показано в работе [8], в нулевой момент времени (момент обнаружения ситуации чрезмерного сближения) судно, следуя минимаксной стратегии, которая предполагает наиболее неблагоприятный маневр уклонения цели, должно лечь на курс  $K_0$ , равный обратному пеленгу на цель, т.е.  $K_0 = \alpha + 180$ , где  $\alpha$  - пеленг на цель. При этом поворот на указанный курс производится в сторону от направления на цель с максимальной угловой скоростью. Данный этап стратегии расхождения, который можно назвать уклонением от цели, предназначен для обеспечения максимального значения скорости изменения дистанции между судном и целью. В данной статье будем полагать, что скорость цели  $V_c$  превосходит скорость судна  $V_0$ , т.е.  $V_c > V_0$ . На данном этапе необходимо избежать ситуации чрезмерного сближения, изменяя позицию судна относительно цели так, чтобы судно оказалось в ситуации, обеспечивающей безопасное сближение и движение судна к программной траектории движения.

Таким образом, после поворота на курс  $K_0$ , когда максимально возможная дистанция кратчайшего сближения  $\max L_{\min}$  не превосходит предельно-допустимую дистанцию  $L_d$ , т.е.  $\max L_{\min} \leq L_d$ , судно следует курсом  $K_0 = \alpha + 180$ , причем этот курс изменяется с изменением пеленга  $\alpha$ , так как происходит перемещение цели относительно судна. Так как скорость судна меньше скорости цели  $V_c > V_0$ , то при изменении курса судна на  $360^\circ$  относительный курс изменяется лишь в некотором секторе, достигая максимального и минимального значений, величина которых определяется выражениями [1]:

$$K_{otmin} = \pi + K_c - \arcsin \rho \text{ И } K_{otmax} = \pi + K_c + \arcsin \rho, (1)$$

где  $K_{otmin}$  и  $K_{otmax}$  - соответственно минимальное и максимальное значения относительного курса;

$K_c$  - курс цели;

$\rho = V_o / V_c$ , причем в рассматриваемом случае  $\rho < 1$ .

Следовательно, при  $\rho < 1$  для всех истинных курсов судна из диапазона от 0 до  $2\pi$  относительный курс будет принимать значения из диапазона  $[K_{otmin}, K_{otmax}]$ . Если же  $\rho \geq 1$ , то относительный курс изменяется от 0 до  $2\pi$  при изменении истинного курса судна в тех же пределах.

Очевидно, если скорость судна меньше скорости цели, то максимально возможная дистанция кратчайшего сближения  $\max L_{min}$  достигается при относительных курсах  $K_{otmin}$  или  $K_{otmax}$ . Если через  $K_{extr}$  обозначить экстремальный относительный курс ( $K_{otmin}$  или  $K_{otmax}$ ), на котором дистанция кратчайшего сближения  $L_{min}$  максимальна, то при условии, что цель не изменяет параметры движения, выражение для  $\max L_{min}$  имеет следующий вид [1]:

$$\max L_{min} = D \sin(K_{extr} - \alpha), (2)$$

где  $\alpha$ ,  $D$  - соответственно пеленг на цель и дистанция между судном и целью.

Так как с момента времени начала отворота судна от начального программного курса пеленг  $\alpha$  и дистанция  $D$  изменяются, то в момент времени  $t_{on}$  достижения курса судна значения курса «убегания»  $K_o$  необходимо оценить текущую относительную позицию. Для этого следует с помощью формулы (1) рассчитать экстремальные относительные курсы и вычислить максимально возможную дистанцию кратчайшего сближения  $\max L_{min}$  по формуле (2). Затем надлежит проверить справедливость неравенства  $\max L_{min} \leq L_d$ . При истинности неравенства надлежит следовать курсом «убегания»  $K_o$ , удерживая курс судна противоположным пеленгу на цель, стараясь увеличить дистанцию до цели. При этом необходимо контролировать соотношение  $\max L_{min} \leq L_d$ . При справедливости данного неравенства судно продолжает следовать курсом  $K_o$  до тех пор, пока максимально возможная дистанция кратчайшего сближения  $\max L_{min}$  не станет равной дистанции кратчайшего сближения  $L_d$ , т. е.  $\max L_{min} = L_d$ . Момент времени этого события обозначим  $t_{ok}$ . В данный момент времени необходимо изменить курс судна на величину, при которой достигается экстремальное значение относительного курса и максимальное значение дистанции кратчайшего сближения. Как показано в работе [8], экстремальные относительные курсы  $K_{otmin}$  и  $K_{otmax}$  достигаются соответственно при курсах судна:

$$K_{omin} = K_c + \arccos(\rho) \text{ и } K_{omax} = K_c - \arccos(\rho).$$

Следуя одним из указанных курсов, судно перемещается в сторону цели, причем дистанция  $D$  между судном и целью сокращается, достигая в момент времени  $t_b$  значения предельно-допустимой дистанции  $L_d$ . Начиная с этого момента времени, дистанция  $D$  увеличивается и судно ложится на курс выхода на программ-

ную траекторию  $K_b$ , причем участок выхода на программную траекторию движения судна расположен под углом  $\gamma = 30^\circ - 40^\circ$  к программной траектории, т. е.  $K_b = K_n \pm \gamma$ , где  $K_n$  - начальный курс судна. Судно следует курсом выхода  $K_b$  до тех пор, пока не достигнет программной траектории, после чего ложится на начальный курс  $K_n$ , перемещаясь по программной траектории.

Если в момент времени  $t_{on}$  достижения курса судна значения курса «убегания»  $K_o$  имеет место неравенство  $\max L_{min} \geq L_d$ , то необходимо проверить возможность выхода судна на программную траекторию курсом  $K_b$ , для чего надлежит произвести контроль изменения дистанции при следовании этим курсом. Если дистанция увеличивается, то судно может выходить на заданную траекторию. В противном случае при уменьшении дистанции необходимо рассчитать дистанцию кратчайшего сближения  $L_{minb}$  при следовании курсом  $K_b$  с позиции в момент времени  $t_{on}$ . Если справедливо неравенство  $L_{minb} \geq L_d$ , то судно реализует участок выхода судна на программную траекторию. Если же неравенство не выполняется, то следует рассчитать курс уклонения  $K_y$ , при котором дистанция кратчайшего сближения  $L_{min}$  равна предельно-допустимой дистанции  $L_d$ , т. е.  $L_{min} = L_d$ . В этом случае [1], значение курс уклонения  $K_y$  рассчитывается по формуле:

$$K_y = K_{oty} + \arcsin[\rho^{-1} \sin(K_c - K_{oty})],$$

где  $K_{oty}$  - относительный курс уклонения, который определяется из выражения:

$$K_{oty} = \alpha_y + \arcsin\left(\frac{L_d}{D_y}\right),$$

здесь  $\alpha_y$  и  $D_y$  - соответственно пеленг и дистанция в момент времени  $t_{on}$ .

**Результаты и их обсуждение.** Подводя итоги, определим структуру стратегии экстренного расхождения с учетом поведения цели в процессе расхождения в случае, когда скорость судна меньше скорости цели. Первым этапом стратегии экстренного расхождения является выход в позицию минимизации скорости сближения. Этот этап длится с начального момента обнаружения ситуации чрезмерного сближения до выхода судна на курс минимизации скорости сближения, равный обратному пеленгу на цель. Параметрами первого этапа являются сторона поворота судна, конечный курс переходного процесса, линейная скорость судна и угловая скорость поворота. Вторым этапом является движение судна курсом минимизации скорости сближения до выхода в позицию начала целесообразного движения по выполнению функционального назначения в сторону программной траектории. С этой позиции в зависимости от маневрирования цели движение судна возможно различными курсами: либо экстремальным курсом  $K_{extr} = (K_{omax}, K_{omin})$ , либо курсом уклонения  $K_y$ , либо курсом выхода  $K_b$ . Поэтому будем различать следующие этапы движения судна к программной траектории движения: третий этап движения экстремальным курсом, четвертый этап движения курсом уклонения и

пятый этап выхода на программную траекторию движения.

Структура стратегии экстренного расхождения представляет собой последовательность этапов движения с момента идентификации ситуации чрезмерного сближения до момента возвращения судна на программную траекторию движения. Анализ вышеизложенного показывает, что первый и пятый этапы обязательно содержатся во всех типах структуры стратегии экстренного расхождения. В общем случае возможны четыре типа структуры  $S_i$  стратегии экстренного расхождения с различным набором этапов  $G_j$ , которые приведены в табл.

1. Первый этап  $G_1$  соответствует переходному процессу

Типы структуры экстренной стратегии S	Последовательность этапов G
$S_1$	{ $G_1, G_2, G_3, G_4, G_5$ }
$S_2$	{ $G_1, G_3, G_4, G_5$ }
$S_3$	{ $G_1, G_4, G_5$ }
$S_4$	{ $G_1, G_5$ }

**Выводы.** 1. Рассмотрена стратегия экстренного маневрирования судна для предупреждения столкновения с целью в ситуации чрезмерного сближения.

2. Показано, что структура стратегии расхождения зависит от текущей относительной позиции судна и цели,

с начального курса до выхода судна на курс равный  $K_\alpha = \alpha + 180$ . Второй этап экстренного уклонения  $G_2$  предусматривает следование судна курсом  $K_\alpha$  до окончания этапа. Очередной третий этап экстремального уклонения  $G_3$  обеспечивает следование судна экстремальными курсами при сближении с целью на встречаемых курсах. Этап стандартного уклонения  $G_4$  (четвертый) предусматривает сближение с целью на кратчайшую дистанцию, равную предельно-допустимой  $L_d$ . И, наконец, пятый этап  $G_5$ , этап выхода на заданную траекторию завершает стратегию расхождения.

а также их параметров движения. Маневр расхождения может содержать от двух до пяти этапов.

3. Получены условия реализации каждого из этапов стратегии и приведены аналитические выражения расчета его параметров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. - 424 с.
2. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбетский Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. - Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Statheros Thomas. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / Statheros Thomas, Howells Gareth, McDonald-Maier Klaus. // J. Navig. 2008. 61, № 1, p. 129-142.
8. 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. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels / N. Tsymbal, I. Burmaka, E. Tyupikov, Odessa: KP OGT, 2007. – 424 p.
2. 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.
8. 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.

#### Определение структуры маневра экстренного расхождения

**Е. П. Чапчай, А. И. Бурмака**

**Аннотация.** Рассмотрена стратегия маневрирования судна для предупреждения столкновения с целью в ситуации чрезмерного сближения. Показано, что структура стратегии расхождения зависит от текущей относительной позиции судна и цели, а также их параметров движения. Маневр расхождения может содержать от двух до пяти этапов. Получены условия реализации каждого из этапов и приведены аналитические выражения расчета его параметров.

**Ключевые слова:** безопасность судоходства, предупреждение столкновения судов, стратегия экстренного расхождения, чрезмерное сближение судов.

#### Determination of the structure of the emergency discrepancy manoeuvre

**E. P. Chapchay, A. I. Burmaka**

**Abstract.** The strategy of ship manoeuvring is considered to prevent a collision with the situation in the situation of excessive convergence. It is shown that the article of the strategy of passing depends on the current relative position and purpose, as well as their movement parameters. The passing manoeuvre can contain from two to five stages. Terms of realization of each stage and final analytical parameters of its parameters are received.

**Keywords:** safety of navigation, prevention of collision of ships, strategy of emergency discrepancy, excessive convergence of ships.



## Выбор стратегии расхождения группы судов методами внешнего управления

И. А. Бурмака

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

Paper received 08.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-18>

**Аннотация.** Показано, что основным методом внешнего управления процессом расхождения судов являются области опасных курсов сближающихся судов, с помощью которых производится выбор маневра расхождения пары судов. Показан метод выбора безопасных курсов расхождения в ситуации опасного сближения четырех судов. Приведен численный пример и результаты имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** безопасность судоходства, расхождение судов при опасном сближении, внешнее управление процессом расхождения, области опасных курсов, безопасное расхождение группы судов.

**Введение.** Стесненные воды характеризуются интенсивным судоходством и наличием навигационных опасностей, что способствует повышенной аварийности судов при плавании в этих районах. Поэтому стесненные районы плавания с особенно интенсивным движением оборудуются станциями управления движением судов (СУДС), назначением которых является контроль процесса судоходства и управления движением опасно сближающихся судов. Актуальным для эффективной работы СУДС является оснащение современными средствами предупреждения столкновения судов, которые обеспечивают безопасное расхождение группы опасно сближающихся судов. Этим обстоятельством обуславливается актуальность и перспективность исследования управления судами в ситуации опасного сближения при плавании в районах контроля СУДС.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Различные модели формализации взаимодействия судов в ситуации опасного сближения при локально-независимом управлении их процессом расхождения рассмотрены в работах [1-8]. Метод нелинейной интегральной инвариантности для описания процесса расхождения и выбора одношагового маневра предупреждения столкновения предлагается в работе [1], а в работах [2, 3] с помощью методов теории дифференциальных игр производится формализация взаимодействия судов при расхождении. Методы теории оптимальных дискретных процессов для описания процесса расхождения используются в работе [4]. Унифицированный подход к формализации взаимодействия судов при возникновении угрозы столкновения изложен в работе [5], с помощью которого предложена алгоритмизация МППСС-72. В монографии [6] приведен метод предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути, а в работе [7] изложены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения. В монографии [8] всесторонне исследован принцип локально-независимого управления процессом расхождения и разработан метод гибких стратегий их расхождения, который согласно требованиям МППСС-72 позволяет сформировать стратегию расхождения судна с несколькими опасными целями с учетом навигационных опасностей и динамики судна.

При управлении процессом расхождения судов с помощью СУДС исчезает необходимость во взаимном согласовании маневров судов механизмом взаимодействия, т. е. реализуется принцип внешнего полного управления процессом расхождения, методы которого изложены в работах [9, 10, 11], а исследование его ос-

новных возможностей в ситуациях опасного сближения нескольких судов составляет содержание данной статьи.

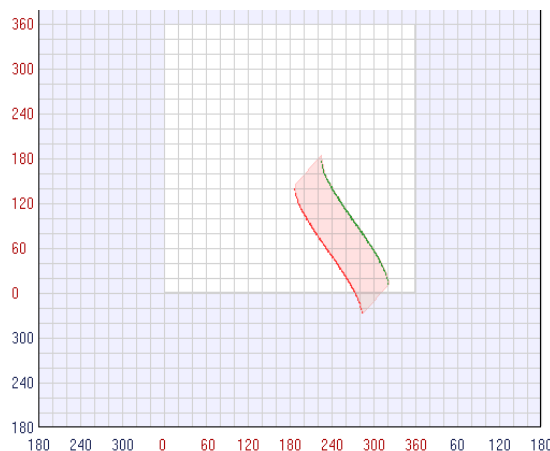
**Цель.** Цель настоящей статьи - разработка процедуры выбора стратегии расхождения группы судов методами внешнего управления.

**Материалы и методы.** Рассмотрим ситуацию сближения четырех судов и покажем возможность формирования стратегии их расхождения изменением курсов методом внешнего управления с помощью областей опасных курсов. Как следует из работы [10], группа четырех сближающихся судов характеризуется матрицей ситуационного возмущения  $W$  :

$$W = \begin{pmatrix} 0 & \omega_{12} & \omega_{13} & \omega_{14} \\ \omega_{21} & 0 & \omega_{23} & \omega_{24} \\ \omega_{31} & \omega_{32} & 0 & \omega_{34} \\ \omega_{41} & \omega_{42} & \omega_{43} & 0 \end{pmatrix},$$

где  $\omega_{ij}$  - ситуационное возмущение, характеризующее сближение  $i$ -го и  $j$ -го судов.

Если ситуационное возмущение  $\omega_{ij}$  отлично от нуля, то дистанция кратчайшего сближения  $\min D_{ij}$  меньше предельно-допустимой дистанции  $D_d$  и компенсация ситуационного возмущения возможна с помощью области опасных курсов  $S_{Dij}$  [10]. На рис. 1 показана область опасных курсов для случая  $V_i < V_j$ .



**Рис. 1.** Область  $S_{Dij}$  опасных курсов  $\kappa_i$  и  $\kappa_j$  при  $v_i < v_j$

На рис. 2. приведена область  $S_{Dij}$  опасных курсов

$K_i$  и  $K_j$  при  $V_i > V_j$ . Область  $S_{Dij}$  опасных курсов двух судов предназначена для выбора их безопасных курсов уклонения, обеспечивающие их расхождение на расстоянии, которое больше величины предельно-допустимой дистанции. Если точка с координатами  $(K_i, K_j)$  принадлежит области опасных курсов  $S_{Dij}$ , т. е.  $(K_i, K_j) \in S_{Dij}$ , то ситуационное возмущение  $\omega_{ij}$  отлично от нуля. Для его компенсации, т. е.  $\omega_{ij} = 0$ , следует выбрать курсы уклонений судов  $K_{yi}$  и  $K_{yj}$  таким образом, чтобы точка  $(K_{yi}, K_{yj})$  не принадлежала области  $S_{Dij}$ . В этом случае дистанция кратчайшего сближения  $\min D_{ij}$  больше предельно-допустимой дистанции  $D_d$  и сближение  $i$ -го и  $j$ -го судов является безопасным..

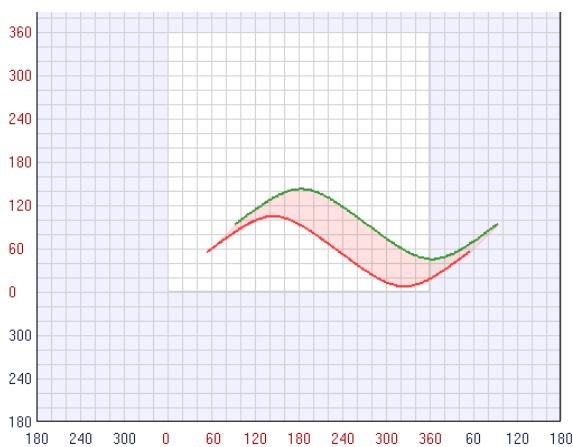


Рис. 2. Область опасных  $S_{Dij}$  курсов  $K_i$  и  $K_j$  при  $V_i > V_j$

**Результаты и их обсуждение.** В качестве примера рассмотрим ситуацию опасного сближения четырех судов, показанную на рис. 3, в которой все ситуационные возмущения отличны от нуля, т. е.  $\omega_{12} = \omega_{13} = \omega_{14} = \omega_{23} = \omega_{24} = \omega_{34} = 1$ .

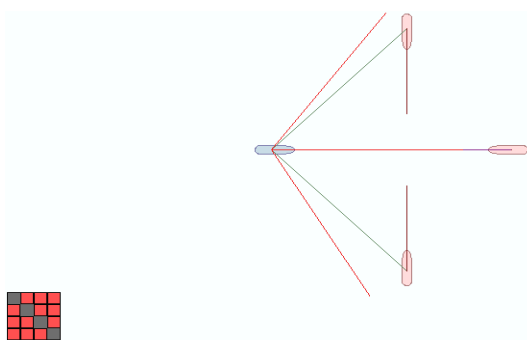


Рис. 3. Начальная ситуация сближения судов

Условие выбора безопасных курсов уклонения сближающихся судов имеет вид [10]:

$$\begin{aligned} (K_{n1} + \Delta K_1, K_{n2} + \Delta K_2) &\notin S_{D12}, \\ (K_{n1} + \Delta K_1, K_{n3} + \Delta K_3) &\notin S_{D13}, \\ (K_{n1} + \Delta K_1, K_{n4} + \Delta K_4) &\notin S_{D14}, \\ (K_{n2} + \Delta K_2, K_{n3} + \Delta K_3) &\notin S_{D23}, \\ (K_{n2} + \Delta K_2, K_{n4} + \Delta K_4) &\notin S_{D24}, \\ (K_{n3} + \Delta K_3, K_{n4} + \Delta K_4) &\notin S_{D34}, \end{aligned}$$

где  $K_{ni}$  и  $\Delta K_i$  ( $i=1 \div 4$ ) - соответственно начальные курсы судов и приращения их курсов уклонения.

Для выбора безопасных курсов уклонения была разработана компьютерная программа, которая также в левом нижнем углу индицирует матрицу ситуационного возмущения в виде индикатора опасности, как показано на рис. 3, причем красным цветом индицируется наличие ситуационного возмущения  $\omega_{ij} = 1$ , а зеленым цветом - его отсутствие  $\omega_{ij} = 0$ . Из рисунка следует, что все ситуационные возмущения отличны от нуля.

Анализ начальной ситуации сближения судов показывает, что для обращения матрицы ситуационного возмущения в нулевую матрицу необходимо изменение курсов не менее трех судов. Поэтому вначале рассмотрим выбор безопасных курсов первого и второго судов, для чего в верхнем левом углу рис. 4 используем клавишу "12", после чего происходит отображение области опасных курсов первого и второго судов (рис. 5).

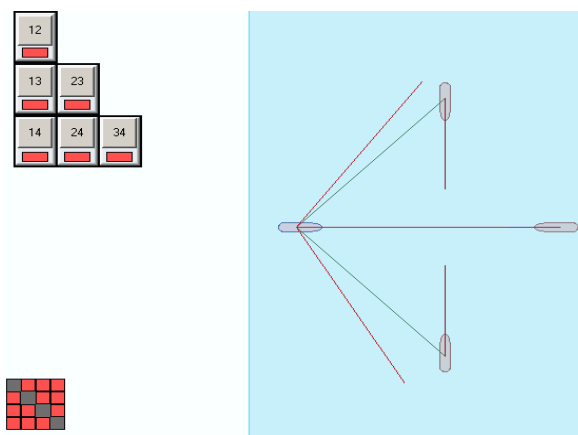


Рис. 4. Клавиши матрицы ситуационного возмущения

С помощью клавиши "K1" выбираем курс первого судна K1 и начинаем уменьшать его значение (зеленая линия) до обращения в ноль ситуационных возмущений  $\omega_{12}$ ,  $\omega_{13}$  и  $\omega_{14}$ , как показано на рис. 5, причем соответствующие сектора индикатора опасности принимают зеленый цвет.

Затем с помощью клавиши «K2» выбираем курс второго судна и увеличиваем его (красная линия) с помощью линейки прокрутки, как показано на рисунке 6, до обращения в ноль ситуационных возмущений  $\omega_{23}$  и  $\omega_{24}$ , что видно из индикатора опасности, соответствующие сектора которого окрашены в зеленый цвет. Таким образом, пять ситуационных возмущений компенсированы изменением курса первого судна на  $64^\circ$  влево и курса второго судна вправо на  $88^\circ$ .

Однако осталось некомпенсированным ситуационное возмущение  $\omega_{34}$ , для чего необходимо изменить курс третьего или четвертого судна. В любом случае, необходим вывод области опасных курсов третьего и четвертого судов, которая показана на рис.7. Анализируя рис. 7, обращаем внимание на то обстоятельство, что точка пересечения начальных курсов судов принадлежит области опасных курсов. Для вывода точки пересечения курсов из области опасных курсов с минимальным изменением курса следует произвести отворот третьего судна вправо до границы области.

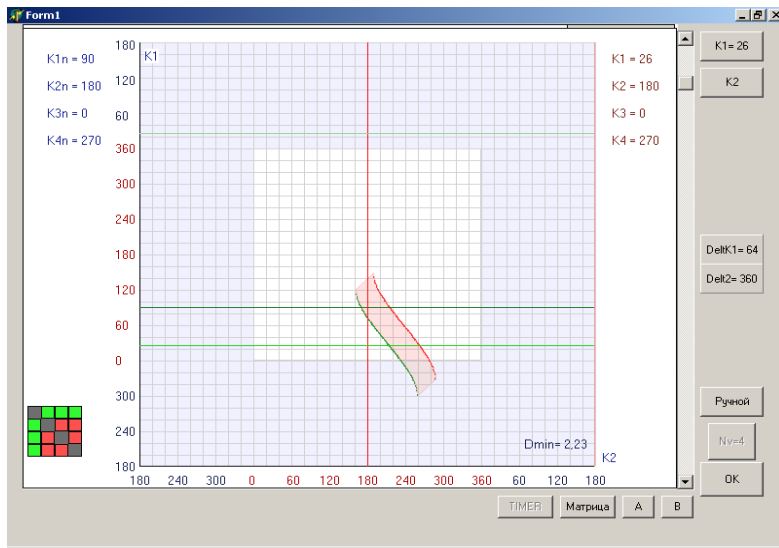


Рис. 5. Выбор безопасного курса  $K_1$  первого судна

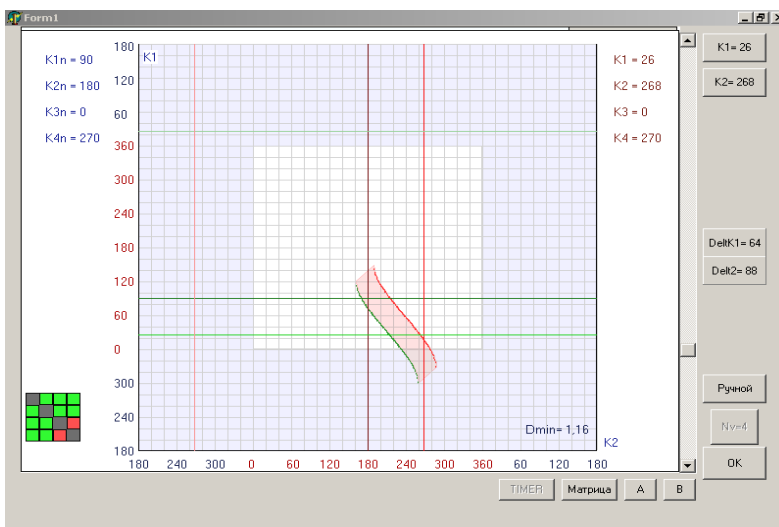


Рис. 6. Выбор безопасного курса  $K_2$  второго судна

Как следует из рисунка 7, это происходит при повороте третьего судна на курс  $24^\circ$ , индикатор опасности показывает, что в этом случае матрица ситуационного

возмущения обращается в нулевую матрицу, а дистанция кратчайшего сближения третьего и четвертого судов составит 1,03 мили.

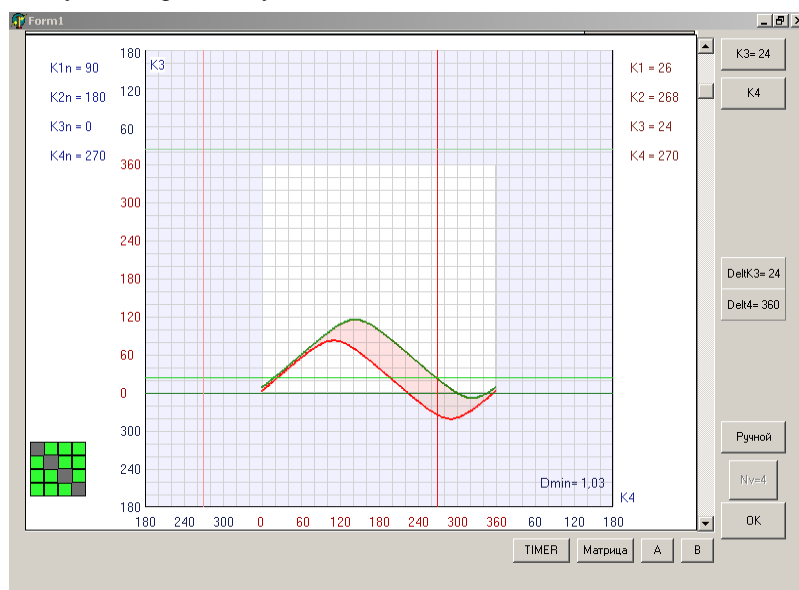


Рис. 7. Выбор безопасного курса  $K_3$  третьего судна

Для проверки корректности предложенного метода выбора стратегии расхождения изменением курсов судов с использованием областей их опасных курсов была разработана имитационная программа проигрывания заданного процесса расхождения с полученными параметрами. С помощью этой программы проигрывался процесс расхождения, рассмотренный в данной статье. Начало процесса расхождения на 3с времени представлено на рис. 8, и суда с выбранными курсами уклонения  $K_{y1} = 26^\circ$ ,  $K_{y2} = 268^\circ$ ,  $K_{y3} = 24^\circ$ ,  $K_{y4} = 270^\circ$  с начальных позиций перемещаются по своим траекториям. Об-

ращаем внимание, что четвертое судно сохраняет начальный курс.

Завершение процесса расхождения на 534 с времени отображено на рис. 9. Причем в процессе расхождения дистанция между судами не сокращалась меньше предельно-допустимого значения, равного 1 миле. Поэтому результаты имитационного моделирования процесса расхождения подтверждают корректность рассмотренного метода выбора безопасных курсов уклонения при опасном сближении группы судов.

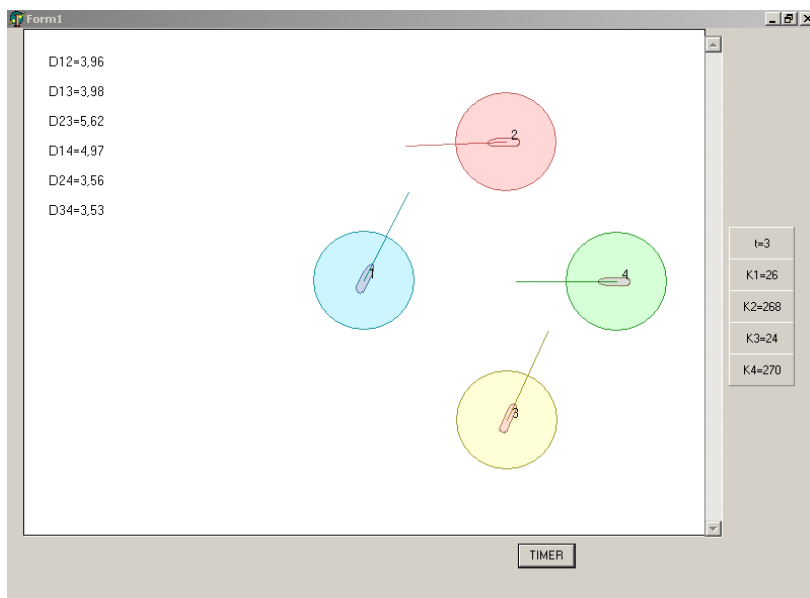


Рис. 8. Начало процесса расхождения на 3с времени

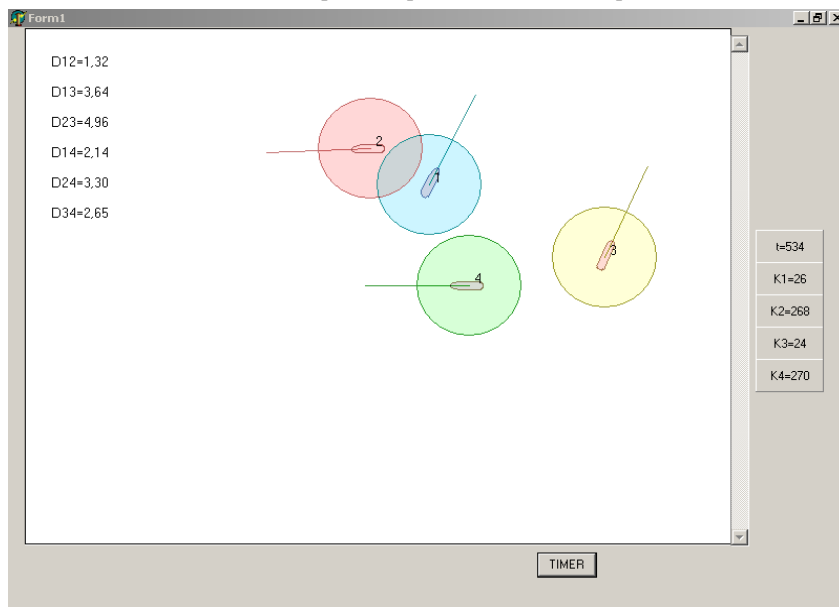


Рис. 9. Завершение процесса расхождения на 534 с времени

### Выводы

1. Показано, что основным методом внешнего управления процессом расхождения судов являются области опасных курсов сближающихся судов, с помощью которых производится выбор маневра расхождения пары судов изменением их курсов.
2. Предложен метод выбора безопасных курсов уклонения в ситуации опасного сближения четырех судов,

когда все шесть ситуационных возмущений матрицы отличны от нуля. Приведены условия выбора безопасных курсов в терминах областей опасных парных курсов, что составляет научную новизну статьи.

3. Приведены численный пример безопасного расхождения четырех судов и результаты имитационного моделирования, подтверждающие корректность предложенного метода.

#### 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. Кудряшов В. Е. Синтез алгоритмов безопасного управления судном при расхождении с несколькими объектами / В. Е. Кудряшов // Судостроение. – 1978.- №5. – С. 35-40.
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. Куликов А. М. Оптимальное управление расхождением судов / А. М. Куликов, В. В. Поддубный // Судостроение. – 1984. - № 12. - С. 22-24.
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. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Фенікс, 2013. – 180 с.
7. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Э.Н. Пятаков., С.И. Заичко // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. - Одесса: "ИздательИнформ", 2008. – С. 166 – 171.
8. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н.Цымбал, И.А.Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
9. 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.
10. 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.
11. 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.

#### 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. 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.
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. Kulikov A.M. Optimum management by divergence of vessels / Kulikov A.M., and Poddubnyy V.V.// Sudostroenie. -1984.- №12.- p. 22 - 24.
5. Pyatkov E.N. Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatkov E.N., Buzhbeckij R.Y., Burmaka I.A., Bulgakov A. Y. - Kherson: Grin D. S.- 2015.- 312 p.
6. Vagushchenko L.L. Divergence with vessels by displacement on the parallel line of way / Vagushchenko L.L.- Odessa: Feniks.- 2013.- 180 p.
7. Pyatkov E. N. Estimation of efficiency of pair strategies of going away vessels / Pyatkov E. N., Zaichko S.I.// Sudovozhdenie.- 2008.- №15 .- p. 166 – 171.
8. 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.
9. 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.
10. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / Burmaka I., Pyatkov E., Bulgakov A.- LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbrücken (Germany), – 2016. - 585 p.
11. Bulgakov A.Y. Use of dangerous region of courses of two vessels for the choice of possible maneuver of divergence/ Bulgakov A.Y.// Vodnyy transport.- 2014.- №2 (20).- p. 12 – 17.

#### Выбор стратегии расхождения группы судов методами внешнего управления

**И. А. Бурмака**

**Аннотация.** Показано, что основным методом внешнего управления процессом расхождения судов являются области опасных курсов сближающихся судов, с помощью которых производится выбор маневра расхождения пары судов. Показан метод выбора безопасных курсов расхождения в ситуации опасного сближения четырех судов. Приведен численный пример и результаты имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** безопасность судовождения, расхождение судов при опасном сближении, внешнее управление процессом расхождения, области опасных курсов, безопасное расхождение группы судов.

#### The choice of strategy for the passing of a group of vessels by methods of external management

**I. A. Burmaka**

**Abstract.** It is shown that the main method of external control of the process of ship's passing are the areas of dangerous courses of approaching ships, with the help of which the manoeuvre of passing of a pair of vessels is selected. The method of choosing safe courses of discrepancy in the situation of the dangerous approach of four ships is shown. A numerical example and results of simulation modelling are given.

**Keywords:** safety of navigation, passing of ships in dangerous proximity, external management of the passing process, areas of dangerous courses, safe passing of a group of vessels.

## Учет инерционности судна при формировании области опасных курсов

Г. Е. Калиниченко

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

Paper received 08.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-19>

**Аннотация.** Произведен анализ влияния инерционных характеристик поворотливости судна на величину дистанции кратчайшего сближения судов при выполнении маневра расхождения судов изменением курса. Рассмотрена ситуация, когда оперирующее судно выполняет поворот на курс уклонения, а цель сохраняет неизменные параметры движения. Применена модель вращательного движения судна с постоянной угловой скоростью поворота. Показано влияние инерционности судна на размеры области опасных курсов и предложены рекомендации по обеспечению безопасного расхождения судов в таких ситуациях. Приведен численный пример, подтверждающий корректность полученных результатов.

**Ключевые слова:** безопасность судоходства, процесс расхождения, область опасных курсов, модель вращательного движения судна, сокращение дистанции сближения.

**Введение.** При плавании судов в стесненных районах с интенсивным движением безопасность судоходства обеспечивается системами управления движения судов (СУДС), которые выбирают стратегию расхождения опасно сближающихся судов. При расчете момента времени начала уклонения судов необходимо учитывать их инерционность, иначе дистанция кратчайшего сближения будет меньше требуемой предельно-допустимой дистанции, что создает ситуацию их возможного столкновения. Поэтому СУДС должны быть оснащены современными средствами предупреждения столкновения судов, использующими способы безопасного расхождения двух и более судов, что обуславливает актуальность и перспективность исследования по данной тематике.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Работы [1-6] посвящены различным моделям аналитического описания взаимодействия судов в ситуации опасного сближения и процедурам выбора безопасной стратегии расхождения. Проблема предупреждения столкновений судов подробно исследована в работе [1], в ней предложен метод гибких стратегий их расхождения, который позволяет формировать оптимальную стратегию расхождения судна с несколькими опасными целями с учетом динамики судна, требований МППСС-72, и имеющимися в районе маневрирования навигационными опасностями. Понятию взаимодействия судов при возникновении угрозы столкновения посвящена работа [2], в которой формализованы МППСС-72. В работе [3] для описания процесса расхождения используются методы теории оптимальных дискретных процессов, а применение метода нелинейной интегральной инвариантности предлагается в работе [4]. Формализация взаимодействия судов при расхождении в рамках теории дифференциальных игр производится в работах [5, 6].

В монографии [7] освещен ряд особенностей задачи расхождения судов в море и приведен метод предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути. Результаты исследования эффективности парных маневров расхождения приведены в работе [8].

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 [9].

**Цель.** Цель публикации – разработка процедуры формирования области опасных курсов судов с учетом их инерционных характеристик поворотливости.

**Материалы и методы.** В работе [10] показано, что сближение двух судов характеризуется областью опасных курсов  $\Omega$ , которая отображается на плоскости курсов судов. Верхней и нижней границами области  $\Omega$  являются точки  $(K_1, K_2)$ , которые соответственно удовлетворяют уравнениям:

$$\begin{aligned} K_2^{(1)} &= \gamma^{(1)} + \arcsin\left[\frac{V_1}{V_2} \sin(K_1 - \gamma^{(1)})\right] \\ K_2^{(2)} &= \gamma^{(2)} + \arcsin\left[\frac{V_1}{V_2} \sin(K_1 - \gamma^{(2)})\right], \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\gamma^{(1,2)} = \alpha \pm \arcsin D_d / D$ ;  $\alpha$  и  $D$  - соответственно пеленг и дистанция между судами;  $D_d$  - предельно-допустимой дистанции сближения.

Если точка  $(K_1, K_2)$  находится на границе или вне области опасных курсов  $\Omega$  угроза столкновения отсутствует ( $D_{\min} \geq D_d$ ), в противном случае дистанция кратчайшего сближения  $D_{\min}$  меньше предельно-допустимой дистанции  $D_d$ , и сближение судов является опасным. Для безопасного расхождения необходимо выбрать точку  $(K_{1y}, K_2)$ , соответствующую курсу уклонения оперирующего судна  $K_{1y}$ , которая находится на границе области опасных курсов  $\Omega$ .

Если рассчитать границы области опасных курсов  $\Omega$  с помощью последних выражений, то не будет учтена инерционность судна при повороте, и расхождение произойдет не в предельно-допустимой дистанции  $D_d$ , а на величину  $\Delta D_d$  ближе. Следовательно, для учета инерционности поворота необходимо предельно-допустимую дистанцию увеличивать до значения  $D_d + \Delta D_d$  и суда разойдутся на дистанции  $D_d$ . Величина поправки  $\Delta D_d$  однозначно определяется динамической моделью вращательного движения судна и приближение ее значения к истинному определяется степенью адекватности динамической модели вращательного движения реальному процессу поворота судна. Таким образом, в рассмотренных случаях использования модели поворотливости судна определяющим обстоятельством является степень соответствия динамической модели вращательного движения судна реальному процессу его поворота.

**Результаты и их обсуждение.** Найдем выражение для расчета приращения дистанции  $\Delta D_d$ , для чего обратимся к рис. 1, из которого следует:

$$\Delta D_d = MN \sin(K_{oty}^* - \psi),$$

где  $K_{oty}^*$  - относительный курс уклонения, который определяется выражением (рис. 1),

$$K_{oty}^* = \alpha - \arcsin(D_d / D).$$

Если обозначить приращения относительных координат  $\Delta x_{ot}$  и  $\Delta y_{ot}$  за время поворота, то

$$\Delta x_{ot} = x_1 - x_2, \quad \Delta y_{ot} = y_1 - y_2 \quad (2)$$

где составляющие  $x_1$  и  $y_1$  - криволинейное движение оперирующего судна при повороте, а вторая составляющая  $x_2$  и  $y_2$  - прямолинейное движение цели без изменения параметров движения.

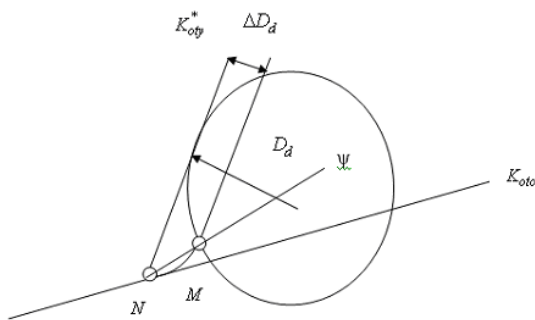


Рис. 1. Определение приращения дистанции  $\Delta D_d$

Очевидно, отрезок  $MN = \sqrt{\Delta x_{ot}^2 + \Delta y_{ot}^2}$ , а угол  $\psi = \arctg(\Delta x_{ot} / \Delta y_{ot})$ . Следовательно, окончательно выражение для расчета  $\Delta D_d$  имеет вид:

$$\Delta D_d = \sqrt{\Delta x_{ot}^2 + \Delta y_{ot}^2} \sin[K_{oty}^* - \arctg(\Delta x_{ot} / \Delta y_{ot})] \quad (3)$$

В работе [10] получены выражения для приращения координат  $x_1$  и  $y_1$  оперирующего судна в результате поворота при расчете их по модели вращательного движения судна с постоянной угловой скоростью  $\omega_p$ :

$$x_1 = \frac{V_1}{\omega_p} (\cos K_1 - \cos K_y^*), \quad y_1 = \frac{V_1}{\omega_p} (\sin K_y^* - \sin K_1),$$

где  $K_y^*$  - курс уклонения судна, причем его величина для встречных курсов судна и цели зависит от относительного курса  $K_{oty}^*$  [1],

$$K_y^* = K_{oty}^* + \arcsin\left[\frac{V_2}{V_1} \sin(K_2 - K_{oty}^*)\right].$$

Составляющие прямолинейного движения цели  $x_2$  и  $y_2$  выражаются очевидным образом:

$$x_2 = V_2 \tau \sin K_2; \quad y_2 = V_2 \tau \cos K_2,$$

где продолжительность поворота  $\tau = (K_y^* - K_1) / \omega_p$ .

Следовательно, приращение относительных координат  $\Delta x_{ot}$  и  $\Delta y_{ot}$  (2) в рассматриваемом случае:

$$\Delta x_{ot} = \frac{V_1}{\omega_p} (\cos K_1 - \cos K_y^*) - V_2 \frac{K_y^* - K_1}{\omega_p} \sin K_2,$$

$$\Delta y_{ot} = \frac{V_1}{\omega_p} (\sin K_y^* - \sin K_1) - V_2 \frac{K_y^* - K_1}{\omega_p} \cos K_2.$$

С учетом полученных приращений  $\Delta x_{ot}$  и  $\Delta y_{ot}$  по выражению (3) рассчитывается величина приращения  $\Delta D_d^{(1)}$  предельно-допустимой дистанции сближения для данной модели вращательного движения судна.

Для формирования модифицированной области опасных курсов  $\Omega_m$  с учетом инерционности судов при повороте в уравнениях границ необходимо предельно-допустимую дистанцию  $D_d$  увеличить на величину приращения дистанции  $\Delta D_d$ , т. е. уравнения границ (1) с учетом выражения для величины  $\gamma^{(1,2)}$  принимает вид:

$$K_2^{(1,2)} = \alpha \pm \arcsin \frac{D_d + \Delta D_d}{D} + \arcsin \left\{ \frac{V_1}{V_2} \left[ \sin(K_1 - \alpha \mp \arcsin \frac{D_d + \Delta D_d}{D}) \right] \right\}$$

В этом случае границы области опасных курсов  $\Omega_m$  изменяют свой первоначальный вид, а значения без-опасных курсов уклонения отличаются от первоначальных.

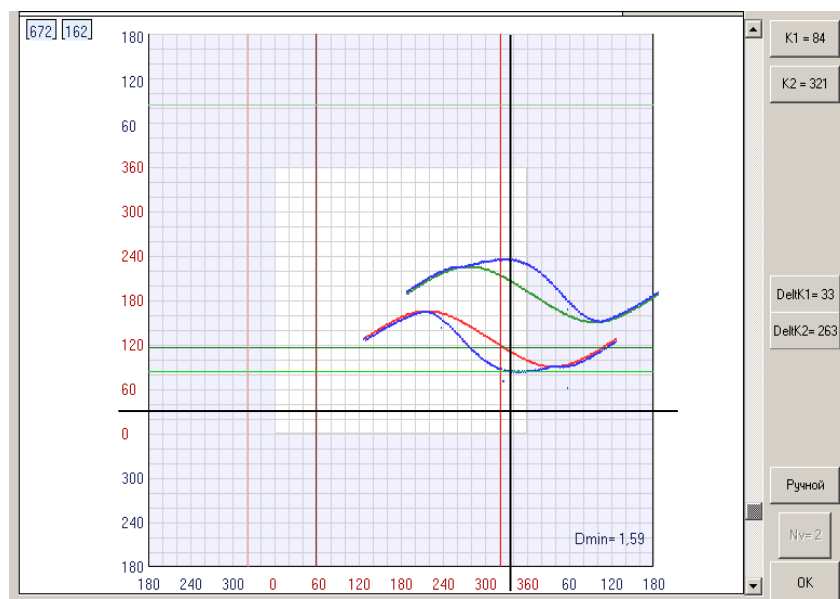


Рис. 2. Границы областей  $\Omega$  и  $\Omega_m$



В качестве примера рассмотрим ситуацию опасного сближения судов с параметрами: относительная позиция сближения  $\alpha_{12} = 158^\circ$ ,  $D_{12} = 2,0$  мили и параметры движения обеих судов  $K_1 = 117^\circ$ ,  $V_1 = 23$  узла,  $K_2 = 58^\circ$ ,  $V_2 = 14$  узлов, величина предельно-допустимой дистанции сближения судов  $D_d$  выбрана равной 1 миле. Прогнозируемое значения дистанции кратчайшего сближения в рассматриваемой ситуации равно 0,16 мили, что меньше величины  $D_d$ . Границы области опасных курсов с учетом инерционности судов и без него представлены на рис. 2. В данной ситуации границы области опасных курсов при учете инерционности судов (синего цвета) значительно отличаются от границ без учета их инерционности (красного и зеленого цвета). Без учета инерционности для безопасного расхождения достаточно было бы изменить курс второго судна влево на значение  $\kappa_{2y} = 321^\circ$ , не меняя курса первого судна. В этом случае соответствующая вертикальная темная линия проходит через красную нижнюю границу области опасных курсов, пересекаясь с горизонтальной линией начального курса первого судна  $\kappa_1 = 117^\circ$ . Однако нижняя граница области опасных курсов с учетом инерционности судов синего цвета проходит гораздо ниже и для безопасного расхождения необходимо еще

и уклонение первого судна влево на курс  $K_{1y} = 84^\circ$  (нижняя горизонтальная темная линия). Таким образом, для безопасного расхождения судов с учетом их инерционности на допустимой дистанции  $D_d = 1$  мили судам следует лечь на курсы уклонения  $\kappa_{1y} = 84^\circ$  и  $\kappa_{2y} = 321^\circ$ .

#### Выводы

1. Получено выражение для расчета величины сокращения дистанции кратчайшего сближения при повороте судна из-за его инерционности. Показано, что оценка его величины зависит от применяемой модели вращательного движения судна для прогноза его поворота.

2. Показано влияние инерционности судна на размеры области опасных курсов и предложена процедура расчета границ модифицированной области для выбора безопасных курсов расхождения сближающихся судов с учетом их инерционности.

3. Приведен численный пример, подтверждающий корректность полученных теоретических результатов

4. Показана целесообразность использования полученной процедуры расчета границ модифицированной области опасных курсов в компьютерной информационной системе внешнего управления процессом расхождения судов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н.Цымбал, И.А.Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. - 424 с.
2. 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.
3. Куликов А. М. Оптимальное управление расхождением судов / А. М. Куликов, В. В. Поддубный // Судостроение. - 1984. - № 12. - С. 22-24.
4. 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.
5. 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.
6. Кудряшов В. Е. Синтез алгоритмов безопасного управления судном при расхождении с несколькими объектами / В. Е. Кудряшов // Судостроение. - 1978.- №5. - С. 35-40.
7. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагущенко. - Одесса: Феникс, 2013. - 180 с.
8. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Э.Н. Пятаков., С.И. Заичко // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, - Вып.15. - Одесса: "ИздатИнформ", 2008. - С. 166 - 171.
9. 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.
10. 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. 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.
2. 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.
3. Kulikov A.M. Optimum management by divergence of vessels / Kulikov A.M., and Poddubnyy V.V.// Sudostroenie. -1984.- №12.- p. 22 - 24.
4. 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.
6. 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.
7. Vagushchenko L.L. Divergence with vessels by displacement on the parallel line of way / Vagushchenko L.L.- Odessa: Feniks.- 2013.- 180 p.
8. 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.
9. 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.
10. 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.



### **Учет инерционности судна при формировании области опасных курсов**

**Г. Е. Калинин**

**Аннотация.** Произведен анализ влияния инерционных характеристик поворотливости судна на величину дистанции кратчайшего сближения судов при выполнении маневра расхождения судов изменением курса. Рассмотрена ситуация, когда оперирующее судно выполняет поворот на курс уклонения, а цель сохраняет неизменные параметры движения. Применена модель вращательного движения судна с постоянной угловой скоростью поворота. Показано влияние инерционности судна на размеры области опасных курсов и предложены рекомендации по обеспечению безопасного расхождения судов в таких ситуациях. Приведен численный пример, подтверждающий корректность полученных результатов.

**Ключевые слова:** *безопасность судовождения, процесс расхождения, область опасных курсов, модель вращательного движения судна, сокращение дистанции сближения.*

### **Accounting for inertia of the vessel in the formation of the area of dangerous courses**

**G. E. Kalinichenko**

**Abstract.** The analysis of the influence of the inertial characteristics of the ship's swing ability on the distance of the shortest approach of vessels during the manoeuvring of the difference of vessels by the course change is made. The situation is considered when the operating vessel performs a turn on the course of evasion, and the target retains the unchanged parameters of the movement. A model of rotational motion of a vessel with a constant angular velocity of rotation is used. The influence of inertia of the vessel on the size of the area of dangerous courses is shown and recommendations are proposed for ensuring safe passing of vessels in such situations. A numerical example confirming the correctness of the obtained results is given.

**Keywords:** *safety of navigation, process of passing, area of dangerous courses, model of ship's rotational motion, reduction of approach distance.*

## Зависимость погрешности бокового отклонения судна от траекторной погрешности поворота судна

Ю. В. Казак

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

Paper received 08.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-20>

**Аннотация.** Выявлены факторы, ведущие к появлению векториальных погрешностей поворота судна, которыми являются погрешность перекладки пера руля и погрешность момента времени начала маневра поворота. Получены формулы оценки значений векториальной погрешности поворота судна при появлении погрешности перекладки пера руля и погрешности момента времени начала маневра поворота. Рассмотрена процедура получения плотности погрешности бокового отклонения судна от программной траектории в зависимости от двумерной плотности позиционной векториальной погрешности.

**Ключевые слова:** безопасность судовождения, векториальная погрешность поворота, погрешность перекладки пера руля, погрешность момента времени начала маневра поворота.

**Введение.** Обеспечение безопасности судовождения в стесненных районах плавания является одной из наиболее актуальных проблем мореплавания. С ее решением связано снижение числа навигационных аварий, возникающих из-за посадок судов на мель. Вероятность возникновения навигационных аварий можно снизить повышением точности управления судном при выполнении им поворотов, т. е. минимизацией векториальных погрешностей поворота.

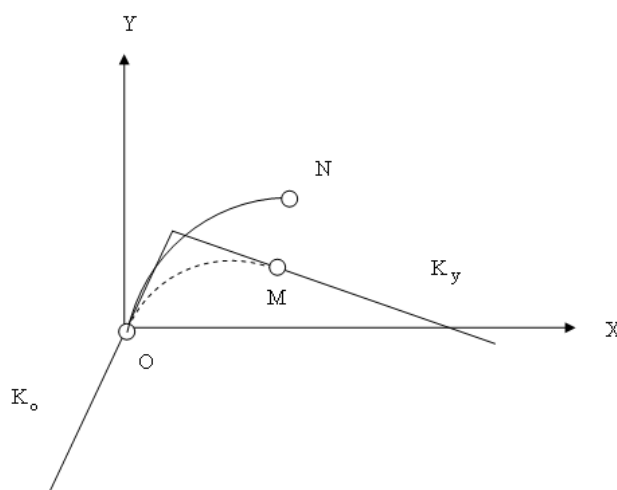
Поэтому следует выявить существенные факторы, влияющие на формирования таких погрешностей, и предупредить их отрицательное влияние на процесс судовождения.

**Краткий обзор публикаций по теме.** В работе [1] впервые предложена оценка надежности судовождения, т. е. влияния позиционной погрешности судна на навигационную безопасность, причем учитывалась только позиционная векториальная погрешность определения места судна при его прохождении ряда последовательных точечных навигационных опасностей. Дальнейшее развитие этого направления исследований отражено в работах [2, 3], причем в работе [2] рассмотрены два эквивалентные подхода к оценке вероятности безаварийной проводки судна по заданному маршруту, а критерий навигационной безопасности обоснован в работе [3]. Данные работы для оценки навигационной безопасности учитывают только позиционную погрешность при следовании судна прямолинейными участками программной траектории, однако следует также учитывать и векториальную погрешность поворота судна, чему посвящена работа [4]. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики представлены в работе [5], а в работе [6] рассмотрен сравнительный анализ математических моделей вращательного движения судна при повороте.

Вопрос разработки информационной системы имитационного моделирования движения судов со сложными динамическими моделями освещен в работе [7], которая позволит обеспечить новый тип планирования маневров судна и контроль проведения выполняемого маневра с поточным отображением заданного маневра одновременно с фактическим движением судна и с индикацией прогнозируемой траектории.

**Цель.** Цель настоящей статьи - определить зависимость погрешности бокового отклонения судна от траекторной погрешности поворота судна.

**Материалы и методы.** Векториальная траекторная погрешность поворота судна  $S^{(\Sigma)}$  относительно прогнозируемой точки выхода судна на очередной участок программной траектории появляется по причине погрешности перекладки пера руля  $\Delta\beta_k$  или погрешности момента времени начала поворота  $\Delta t$ . Вначале рассмотрим векториальную погрешность  $S^{(\beta)}$ , которая возникает из-за погрешности перекладки пера руля  $\Delta\beta_k$ . Для этого обратимся к рис. 1. Если угол кладки руля  $\beta_k$  не содержит погрешности, то к концу маневра поворота судно окажется на новом участке программной траектории в точке М и векториальная погрешность  $S^{(\beta)}$  не возникает. При наличии погрешности  $\Delta\beta_k$  угол кладки руля



**Рис. 1.** Возникновение векториальной погрешности  $S^{(\beta)}$

равен  $\beta_k + \Delta\beta_k$ , и к концу маневра, когда судно достигает курса  $K_y$ , оно оказывается в точке N. Погрешность  $S^{(\beta)}$  определяется величиной отрезка MN, а ее составляющие  $S_x^{(\beta)}$  и  $S_y^{(\beta)}$  равны:

$$S_x^{(\beta)} = x_N - x_M \text{ и } S_y^{(\beta)} = y_N - y_M, \quad (1)$$

где  $x_M$  и  $y_M$  - координаты точки М;

$x_N$  и  $y_N$  - координаты точки N.

Для определения координат точек М и N рассмотрим динамическую модель вращательного движения судна с постоянной угловой скоростью, согласно которой приращение координат точки М за время поворота определяется выражениями:

$$x_M = \frac{V_0}{k_\omega \beta_k} (\cos K_0 - \cos K_y),$$

$$y_M = \frac{V_0}{k_\omega \beta_k} (\sin K_y - \sin K_0),$$

где  $k_\omega$  - коэффициент эффективности руля.

Аналогично находим выражения для координат  $x_N$  и  $y_N$  точки N, учитывая, что угол кладки пера руля увеличился на величину погрешности  $\Delta\beta_k$ :

$$x_N = \frac{V_0}{k_\omega (\beta_k + \Delta\beta_k)} (\cos K_0 - \cos K_y),$$

$$y_N = \frac{V_0}{k_\omega (\beta_k + \Delta\beta_k)} (\sin K_y - \sin K_0).$$

С учетом выражения (1) и того, что  $\beta_k \gg \Delta\beta_k$ , составляющие  $S_x^{(\beta)}$  и  $S_y^{(\beta)}$  векториальной погрешности  $S^{(\beta)}$  имеют вид:

$$S_x^{(\beta)} = \frac{-V_0}{k_\omega \beta_k^2} (\cos K_0 - \cos K_y) \Delta\beta_k,$$

$$S_y^{(\beta)} = \frac{V_0}{k_\omega \beta_k^2} (\sin K_y - \sin K_0) \Delta\beta_k.$$

Рассмотрим векториальную погрешность  $S^{(t)}$ , возникающую из-за погрешности момента времени начала поворота  $\Delta t$  (рис. 2).

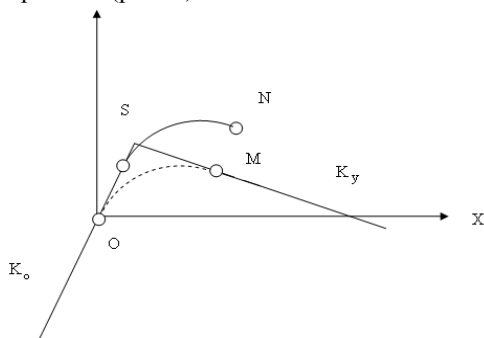


Рис. 2. Формирование векториальной погрешности  $S^{(t)}$

Как следует из рис. 2, погрешность  $S^{(t)}$  равна отрезку MN, который в свою очередь совпадает по величине с отрезком OS. Поэтому:

$$S^{(t)} = OS = V_0 \Delta t.$$

Составляющие  $S_x^{(t)}$  и  $S_y^{(t)}$  данной векториальной погрешности имеют вид:

$$S_x^{(t)} = V_0 \sin K_0 \Delta t,$$

$$S_y^{(t)} = V_0 \cos K_0 \Delta t.$$

Векториальная траекторная погрешность поворота судна  $S^{(\Sigma)}$  определяется очевидным выражением  $S^{(\Sigma)} = S^{(\beta)} + S^{(t)}$ .

**Результаты и их обсуждение.** Для оценки вероятности безаварийного плавания судна  $P_b$  по выбранному маршруту, как показано в работе [2], целесообразно использовать математическую модель с одномерной плотностью распределения погрешности бокового отклонения судна от программной траектории движения при заданной двумерной плотности распределения векториальной позиционной погрешности. Поэтому необходимо найти выражение одномерной плотности  $f_b(z)$  бокового отклонения  $z$  при заданной двумерной плотности распределения  $f_t(x, y)$  вероятностей позиционной траекторной погрешности  $S^{(\Sigma)}$ .

Двумерная плотность  $f_t(x, y)$  при нормальном законе распределения может быть представлена системой независимых составляющих  $x$  и  $y$ , второй смешанных момент которых равен нулю, а ковариационная матрица содержит дисперсии  $\sigma_x^2$  и  $\sigma_y^2$ .

На рис. 3 показана зависимость бокового отклонения  $z$  от составляющих  $x$  и  $y$  векториальной позиционной погрешности, а также курса судна  $K$ . Из рис. 3 следует:

$$z = x \sin \left( K - \frac{\pi}{2} \right) + y \cos \left( K - \frac{\pi}{2} \right), \text{ или}$$

$$z = y \sin K - x \cos K.$$

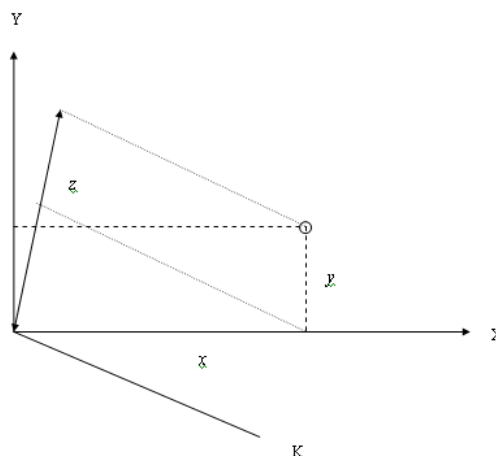


Рис. 3. Зависимость бокового отклонения  $z$  от составляющих  $x$  и  $y$

В этом случае боковое отклонение  $z$  также будет подчиняться нормальному закону с параметрами [8]:

$$m_z = m_y \sin K - m_x \cos K,$$

$$\sigma_z^2 = \sigma_x^2 \cos^2 K + \sigma_y^2 \sin^2 K,$$

где  $m_z$  и  $\sigma_z^2$  - соответственно математическое ожидание и дисперсия бокового отклонения;

$m_x$  и  $m_y$  - математические ожидания составляющих  $x$  и  $y$ .

Таким образом, выражение для плотности распределения бокового отклонения принимает следующий вид:

$$f_b(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(z - m_z)^2}{2\sigma_z^2}\right], \text{ или}$$

$$f_b(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_x^2 \cos^2 K + \sigma_y^2 \sin^2 K)}} \exp\left\{-\frac{[z - (m_y \sin K - m_x \cos K)]^2}{2(\sigma_x^2 \cos^2 K + \sigma_y^2 \sin^2 K)}\right\}$$

### Выводы

1. Показано, что факторами, которые ведут к появлению векториальных погрешностей поворота судна,

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / Кондрашихин В.Т. - М.: Транспорт, 1989. – 230 с.
2. Вороховин И.И. Эквивалентность оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненном районе / И.И.Вороховин, В.В. Северин, Ю.В. Казак // Судовождение: сб. научн. трудов ОНМА, - 2015. - Вып. 25. – С. 47 - 55.
3. Мельник Е.Ф. Обоснование выбора критерия навигационной безопасности судовождения/ Мельник Е.Ф.// Судовождение. – 2002. - № 5. – С. 65 - 73.
4. Вороховин И.И. Векториальные погрешности, возникающие при повороте судна/ И.И.Вороховин, Ю.В. Казак // Судовождение: сб. научн. трудов ОНМА, - 2016. - Вып. 26. – С. 56 - 59.
5. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / И.А.

### ЛИТЕРАТУРА

являются погрешности перекладки пера руля и момента времени начала маневра поворота.

2. Получены аналитические выражения для оценки величины векториальной погрешности поворота судна в зависимости от погрешности перекладки пера руля и погрешности момента времени начала маневра поворота.

3. Рассмотрена процедура получения плотности погрешности бокового отклонения судна от программной траектории в зависимости от двумерной плотности позиционной векториальной погрешности.

- Бурмака // Судовождение: сб. научн. трудов. – 2005. – №10. – С. 21 – 25.
6. 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.
7. 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.
8. Мудров В.М. Методы обработки измерений/ Мудров В.М., Кушко В.Л. - М.: Советское радио, 1976. -192 с.

### REFERENCES

1. Kondrashikhin V.T. Location of ship / Kondrashikhin V.T. - M.: Transport, 1989. – 230s.
2. 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.
3. Melnik E.F. Ground of choice of criterion of navigation safety of navigator/ Melnik E.F.// Sudovozhdenye. – 2002. - № 5. – P. 65 - 73.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Mudrov V.M. Methods of treatment of measurings / Mudrov V.M., Kushko V.L. - M.: Sovetskoe radio, 1976. -192 p.

### Зависимость погрешности бокового отклонения судна от траекторной погрешности поворота судна

Ю. В. Казак

**Аннотация.** Выявлены факторы, ведущие к появлению векториальных погрешностей поворота судна, которыми являются погрешность перекладки пера руля и погрешность момента времени начала маневра поворота. Получены формулы оценки значений векториальной погрешности поворота судна при появлении погрешности перекладки пера руля и погрешности момента времени начала маневра поворота. Рассмотрена процедура получения плотности погрешности бокового отклонения судна от программной траектории в зависимости от двумерной плотности позиционной векториальной погрешности.

**Ключевые слова:** безопасность судовождения, векториальная погрешность поворота, погрешность перекладки пера руля, погрешность момента времени начала маневра поворота.

### Dependence of the error of the lateral deviation of the vessel from the trajectory error of the turn of the vessel

Yu. V. Kazak

**Abstract.** Factors leading to the appearance of vectorial errors in the turning of the vessel are identified, which are the error in the shifting of the rudder pen and the error in the time of the start of the turn maneuver. Formulas for estimating the values of the vector error of the turning of the vessel are obtained with the appearance of an error in the shift of the rudder pen and the error in the time of the start of the turn maneuver. The procedure for obtaining the error density of the ship's lateral deviation from the program trajectory is considered depending on the two-dimensional density of the positional vector error.

**Keywords:** safety of navigation, vectorial error of turn, error of rudder shift, error of the moment of the beginning of the turn manoeuvre.

## Experimental studies as tools for solving practical problems of electromechanical nature

N. Nestoruk, P. Chykunov

Industrial Institute of Donetsk National Technical University, Pokrovsk, Ukraine,  
Educational scientific professional pedagogical Institute of Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Bakhmut, Ukraine  
Corresponding author. E-mail: natasha.nestoruk@yandex.ua; pashurka1975@gmail.com

Paper received 06.11.17; Revised 12.11.17; Accepted for publication 14.11.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-21>

**Abstract.** The essence of experimental studies is clarified, notions of "experimental research" and "engineering experimentation" are identified, targets, content and technological components of the training of future mining engineers in the context of a tedious problem in accordance with the personality-oriented educational paradigm. Based on the analysis of the future specialist's activities, in accordance with the competence complex, has been developed a technology for the training of mining engineers and electromechanics for conducting experimental studies, and it is possible to improve the professional training of the future specialist.

**Keywords:** *experimental research, engineering experimentation, competent oriented basis, technical disciplines, electromechanical engineers.*

**Introduction.** Experimental research is one of the production functions of an engineer, which is caused by the need to organize tests of prototypes or creating of original models, research of structural materials, etc.

Study of the practice of future mining engineers-electromechanics training for experimental research in the context of sociocultural conditions for the development of society, links between experimental activities in the competence development of specialists in the electromechanical profile made it possible to realize the importance of the problem being studied for vocational training, which should provide not only an adequate level of theoretical knowledge, but also sufficient experience of experimental activity in the engineering sphere - that area, in which a professional is going to work [1].

If we talk about engineering experimentation in the professional electromechanics activity, we should first of all take into account the studies of meaningful interpretation of a theory of planning, organization and conducting of an experiment in an electric drive, which were implemented, in particular B. Ivobotenko, M. Ilyinsky, I. Kopylov, V. Klyuchev, B. Firago, L. Pavlyavchik, and also the work of A. Goldberg, which proposed a technique for electrical machines testing. Undoubted value of the last work are the block diagrams developed by the author, on which algorithmization of machines' industrial tests can be carried out and which can serve as a basis for designing the experimental activity of students in the process of mastering the content of technical disciplines.

Adjustment of electric drive control systems, which can be a stage of engineering experiment, is developed and described only in the reference literature, despite the fact that the control system of electric drives is the subject of study in the training systems not only of electromechanics, but also of other specialists.

Since the reference literature is a special edition, which, among other things, is characterized by a laconic and declarative statement of the setup stages, its application in the process of forming knowledge on tuning the electric drive at the algorithmic stage of preparing future specialists for an engineering experiment has certain features that require a methodical compilation. In particular, the directories don't contain a detailed exposition of the theoretical information, which is necessary to understand the semantic essence of the stages and individual actions. Also, they often lag behind the constructive and elemental

base of practical control systems for electric machines.

From what has been said, it follows that it is necessary to master the technology of carrying out an engineering experiment, requires justification and definition of the relevant professional qualities, including professional skills. Thus, we have established that the specific weight and cognitive quality of experimental studies that can start in the study of technical disciplines, make it necessary to determine the proper organizational, managerial and methodical measures and means of influencing the course and results of training in order to master future mining electromechanical engineers' professional abilities that are necessary for experimental work. This would make it possible to provide them with the ability to engineer experimentation and readiness to apply it in the further professional work in production.

**Brief overview of related publications.** With the experimental activities in the training programs of electromechanical profile involves a significant number of works from different research areas and levels, from program articles to dissertation studies and tutorials [2; 3; 4; 5; 6] etc. But despite their different aspects and depth of study, the matter of the experimental research mastering by the electromechanical engineers during the process of technical subjects studying, in our opinion, is not perfect and comprehensive.

**The purpose of this article** was to determine the adequacy of the formulated theoretical provisions and the effectiveness of the justified on their basis technology of professionally significant skills formation for the electromechanical profile students to the experimental research.

**Materials and methods.** To achieve the goal, a set of complementary scientific methods, reflecting the dialectical unity of the theoretical and empirical levels of cognition:

- theoretical – analysis of educational normative sources, psychological, pedagogical, methodological and special literature, dissertation materials, professional publications with the aim of generalization, systematization, comparison and comparison of different views on research;

- empirical – pedagogical observation to determine the dynamics of change.

In engineering, as in many others activities, one of the methods of cognition is engineering experience. It is used in the design and development work, in the experimental

and experimental stages of the development of new technology and etc. At the same time, engineering experience is applied limitedly in the process of technological or operational activities, and it is widely used in experimental studies conducting.

Limited application of the experiment in operational activities is due to the fact that the latter is oriented to servicing, industrial systems repair, as well as transporting, storing, preparing for the intended use (in particular installation, testing and commissioning) of production equipment. Operation involves monitoring the operation of equipment in order to ensure the optimal mode of its operation, control its operation.

In the professional activity of specialists in the electromechanical profile, an important role is assigned to several areas that determine the subject-activity complex, which is formed by organizational and managerial and engineering-technical activities that cover the social and professional spheres of being a specialist [7].

Organizational and managerial activity of engineering employees provides systematic and purposeful leadership of the team in the production process.

Engineering and technical activity provides preparation of production, direct production, as well as maintenance of production facilities in the course of practical training. Engineering and technical activities have following components: design, technology, research, operational.

The design component of the specialists' activity of the electromechanical profile in practical terms is guided by the development of new technology, refinement, modernization of the existing one. Results of the design activities are presented in the form of technical documentation designed to organize the production and operation of new equipment or the modernization of the existing one.

Technological component of the specialist's activity of the electromechanical profile ensuring compliance with the design parameters of those production processes in which future specialists participate in the acquisition of practical experience and skills in performing technological operations, notes V. V. Borisov [8, p. 20-21].

Research component of the specialist's activity of the electromechanical profile is directed to obtaining new scientific knowledge, clarifying and generalizing the already available ones. In the process of such activities, scientific assumptions are confirmed or disproved, new ways of known problems' solving are searched, etc., which, in our opinion, is an important element in the formation of the competence basis for the future specialist, his readiness for practical activities.

Depending on which methods (theoretical or empirical) prevail in the study, individual steps that are listed above can become irrelevant and not be included in the research plan. But practically in any research a special place is given to the experiment.

If we talk about the modern definition of this concept, then we can use several approaches presented by L. M. Cherchik:

«An experiment is the testing of knowledge of the phenomena under study in controlled or artificially created conditions. ...

An experiment is a system of operations, influence or observations aimed at obtaining information about an object during research trials that can be conducted under

natural and artificial conditions when the nature of the process is changed.

An experiment is a way of investigating phenomena and processes through the organization of special experiments that ensure the study of the influence of individual factors under the constancy of other conditions or the modeling of phenomena and processes in practice» [9, p. 8].

Triplicity of the author's interpretation is explained by the factor of origin in the experimental activity, that is, the need to clarify the question of the purpose of the experiment: either we want to check something, or determine the system of operations, it allows us to achieve certain information results, or to study the influence of what factors on the phenomenon being studied.

Since the experiment is usually a stage in a study in which, using certain empirical methods, some results are obtained, that are included in the so-called empirical research cycle, then in the future we can call this stage in the projection for educational activity experimental research and think of it as about a cyclic process in which several mental acts (steps) are used, successively replacing each other and interpolating the researcher closer to the informative result, on the basis of which it will be possible to formulate conclusions and propose recommendations on the possible introduction of the obtained results into production or intellectual activity.

If we talk about experimental studies from didactic positions in the projection of mastering the content of technical disciplines, then it is expedient to take as a basis the following interpretation, which we accepted in the collective (S. F. Artyukh, I. Ya. Lizan, I. V. Goloperov, N. A. Nestoruk) in the training manual "Fundamentals of Scientific Research" [2, p. 90].

Experimental studies are studies based on an experiment, which is based on scientific experience or observing a phenomenon under given conditions and allows you to monitor its progress, control it, obtain the necessary data and restore it when the initial conditions are repeated.

Since there is a significant list of technical disciplines in the system of training specialists in the electromechanical profile ("Theory of electric drive", "Electric machines", "Elements of automated electric drive", "Theory of automatic control", etc.) and their training programs envisaged to apply not only theoretical but also empirical methods of acquiring knowledge, then experimental research in the study of these disciplines should be an integral part of learning.

"The subject of the technical disciplines study are real objects of practice - mechanisms, devices, machines, means of their construction, the effectiveness of their functioning, etc. These disciplines examine large classes of homogeneous objects (technical devices and machines of a certain class) and look for a correlation and transformations that make it possible to reduce complex and cumbersome tasks and calculations to simple ones. At the same time, theoretical knowledge is not separated from practice one (as in natural sciences), but combined with it" [10, p. 52].

Experimental research in the professional activity of electrical engineers begins to form the professional competencies (qualities) of the specialist, active management of the cognitive process associated with the analysis of

the qualitative and quantitative characteristics of those objects, properties, qualities, characteristics, magnitudes, etc., are investigated in the experiment. Specificity of experimental studies in the activity of electromechanics is the fact they are carried out for:

- theoretical obtaining of analytic dependence, which uniquely and exhaustively characterizes the investigation process;
- establishment of the dependence by theoretical means (which leads to an increase in the scope of the experiment);
- implementation of search activities to establish dependencies, which could not be obtained theoretically [2, p. 49-50].

We have found that the skills requirements for the electromechanical profile students, determining the content of their educational courses, lead to the forming of abilities to the engineering experimentation, namely to:

- analyzing experimental studies of the electromechanical devices;
- planning a pilot study;
- assembling of schemes of the electromechanical devices;
- adjusting the electromechanical devices;
- carrying out tests or experiments;
- performing statistical processing of experimental data and mathematical modeling of the electromechanical phenomena and processes;
- making conclusions and generalizations of the research results.

According to our task we have designed a model of the professionally significant skills formation of the future electromechanical engineers in carrying out the experimental research while mastering the content of the technical disciplines [11, c. 36-42].

The content of the technical disciplines providing experimental research is oriented in the channel of the developed technology for the formatting in the future electromechanical engineers the professionally significant skills that are the basis of the research competence.

In the process of preparing specialists for conducting experimental research while mastering the content of technical disciplines, in addition to practical exercises, they take laboratory work, since they provide the opportunity to directly simulate situations in which the engineering experiment is the main means of obtaining information for decision-making, and also provide a source of practical experience for experimental activities. Learning objectives may include various ways of performing, depending on the available tools, data processing facilities, and etc.

Based on this, we can assume that the involvement of mining engineers of electromechanical specialties in experimental activities must occur under certain conditions, among which the most important are its proper material and technical and methodological support; step-by-step planning; creation of a single educational and methodical environment; presence of a set of relevant academic dis-

ciplines; providing favorable motivational support. But the main pedagogical condition that ensures the implementation of a competently oriented teaching technology is use of such didactic principles as: determinism, systematicity, differentiation, variability, integrativity and interactive learning.

**Results and discussion.** The main provisions and results of the research were made public at scientific and practical conferences, in particular:

- International: "Problems of modern energy and automatics in the system of natural resources use" (Kyiv, 2016), "Innovative development of the mining industry" (Kryvy Rih, 2016), "Higher school in the context of European integration processes" (Cherkasy, 2017), "Current trends in the development of education, science and technology" (Bakhmut, 2017);
- All-Ukrainian: "Modern aspects of mechanization and automation of energy-intensive industries" (Pokrovsk, 2017), "Computer technologies in power engineering, electromechanics and control systems" (Bakhmut, 2017);
- Regional: "Problems of Mining Technology" (Pokrovsk, 2016).

The projected technology of training future engineers-electromechanics to experimental studies has been approved and may be extended to other higher and vocational schools and technical colleges.

**Conclusions.** Based on the practice study of mining engineers students of the electromechanical profile training, it has been established that experimental studies in the process of studying professionally oriented (technical) disciplines of electromechanical specialties have a leading role in forming a set of competencies in the future specialists sufficient for professional activity in conditions of a real production or training process and it is reasoned that the competence requirements for future engineers-electromechanics in the formation of them capable of those to professional activities that determine the content of student training.

It was found out that the preparation of future mining engineers for experimental research activities must occur under certain conditions, among which the most important are its proper material and technical and methodological support; step-by-step planning; creation of a single educational and methodical environment; presence of a set of relevant academic disciplines; providing favorable motivational support. But the main pedagogical condition that ensures the implementation of a competently oriented teaching methodology is use of such didactic principles as: determinism, systematicity, differentiation, variability, integrativity and interactive learning.

It is emphasized that the content of technical disciplines, which involves conducting experimental research, is oriented on the formation of professionally significant skills by future electromechanics, which are the basis of research competence, which are in the category of demanded in the future professional activity and are tools for solving practical tasks of electromechanical nature.

## REFERENCES

1. Nestoruk N. A. Experimental studies in the context of competence electromechanical teacher's engineers: [E. resource]/Natalia Anatolevna Nestoruk // *Public education: Electronic scientific specialized edition*. – 2013. – Release №3 (21). – Access mode: [http://narodnaosvita.kiev.ua/?page\\_id=1451](http://narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=1451).
2. Artyukh, S., Lisan, I., Goloperov, I., Nestoruk, N. (2006). *Fundamentals of scientific research*: tutorial. Kharkov (in

- Ukr.).
3. Krokoshenko, O. (2010). The components of professional-pedagogical activity of an engineer-pedagogue in a modern system of professional education. *The Messenger of Luhansk National University of Taras Shevchenko: Pedagogical Sciences series*. Luhansk (in Ukr.).
  4. Pyatnitskaya-Poznyakova, I. (2003). *Fundamentals of scientific research in higher school: tutorial*. Kyiv (in Ukr.).
  5. Petruk, W. (2006). *Theoretical-methodical bases of formation of professional competence of future specialists of technical specialties in the study of fundamental disciplines: Monograph* (in Ukr.).
  6. Erganova, N. (2007). *The methodology of professional education: a tutorial for students of higher educational establishments*. Moscow (in Russ.).
  7. Zarubinskaya I. B. Formation of social competence of students of higher educational institutions (theoretical and methodological aspect): [Monograph]/Irina Borisovna Zarubinskaya. – K.: KNEU, 2010 – 348 p.
  8. Borisov V. V. Use of design and engineering tasks in the lessons of labor training/Vyacheslav Viktorovich Borisov // *Newsletter of the Chernigov State Pedagogical University named after T. G. Shevchenko*. – Release 93. – Series: Teaching Science/Head Editor M. O. Nosko. – Chernihiv: CNPU – 2011. – № 93. –p. 19–22.
  9. Cherchik L. M. Electronic manual on discipline "Research Methodology": [E. resource]/Larisa Nikolaevna Cherchik; Lutsk National Technical University. – Luck, 2012. – Access: <http://lib.lntu.info/books/fb/pesp/2012/12-31/>.
  10. Gryzun L. E. Determination of the specifics of educational disciplines of various types as one of the factors forming the content of higher professional education/Lyudmila Eduardovna Gryzun // *Pedagogy, psychology and medicobiological problems of physical education and sport: Science journal*. –2008.–№ 8.– p. 51-56.
  11. Nestoruk, N. (2016). Conceptual aspects of engineering experiments of mining engineers-electromechanics/*Problems of mining technology*. Pokrovsk (in Ukr.). pp. 36-42.

### **Экспериментальные исследования, как инструментарий решения практических задач электромеханического характера**

**Н. А. Несторук, П. А. Чикун**

**Аннотация.** Уточнена сущность экспериментальных исследований, где понятия «экспериментальные исследования» и «инженерное экспериментирование» отождествляются, уточнены целевые ориентиры, содержание и технологические составляющие подготовки будущих горных инженеров в контексте личностно-ориентированной парадигмы образования. На основе анализа деятельности будущего специалиста в соответствии с комплексом компетенций разработана технология подготовки горных инженеров-электромехаников к проведению экспериментальных исследований, которая позволяет усовершенствовать профессиональную подготовку будущего специалиста.

**Ключевые слова:** экспериментальные исследования, инженерное экспериментирование, компетентностно-ориентированный подход, технические дисциплины, инженеры-электромеханики.

### **Експериментальні дослідження, як інструментарій розв'язання практичних завдань електромеханічного характеру**

**Н. А. Несторук, П. О. Чикун**

**Анотація.** Уточнено сутність експериментальних досліджень, де поняття «експериментальні дослідження» й «інженерне експериментування» отождествляються, цільові орієнтири, змістові й технологічні складники підготовки майбутніх гірничих інженерів в контексті студійованої проблеми відповідно до особистісно-орієнтованої парадигми освіти. На основі аналізу діяльності майбутнього фахівця відповідно до комплексу компетентностей було розроблено технологію підготовки гірничих інженерів-електромеханіків до проведення експериментальних досліджень, що дозволяє удосконалити професійну підготовку майбутнього фахівця.

**Ключові слова:** експериментальні дослідження, інженерне експериментування, компетентісно-орієнтована основа, технічні дисципліни, інженери-електромеханіки.



## Взаимосвязь форм истинной и относительной траекторий расхождения

Т. Ю. Омельченко

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

Paper received 08.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-22>

**Аннотация.** Рассмотрены основы взаимосвязи форм истинной и относительной траекторий расхождения, причем показано, что двум формам истинной траектории расхождения в общем случае соответствует четыре формы относительной траектории. Указывается, что форма относительной траектории расхождения определяет вид аналитических выражений расчета параметров стратегии расхождения. Для одной из форм относительной траектории расхождения определены моменты времени поворота судна для реализации безопасного маневра предупреждения столкновения. Приведен пример с использованием компьютерной программы.

**Ключевые слова:** безопасность судовождения, расхождение судов, формы истинной и относительной траекторий расхождения.

**Введение.** Снижение аварийности судов при плавании в стесненных водах остается одной из важнейших проблем обеспечения безопасного судовождения. До сих пор аварийность по причине столкновений судов находится на недопустимом уровне, чем диктуется потребность разработки более эффективных способов расхождения судов. Поэтому совершенствование способов обеспечения безопасности процесса расхождения судов, в частности расчетом параметров стратегии расхождения судна в зависимости от формы относительной траектории расхождения, чему посвящена данная статья, является актуальным и перспективным научным направлением.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Работа [1] посвящена всестороннему исследованию методов локально-независимого управления, и предложен метод формирования гибких стратегий расхождения для ситуаций расхождения судна с несколькими опасными целями. Принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов изложены в работе [2], в ней также приведен анализ методов их реализации.

Взаимодействие судов при возникновении угрозы столкновения и выбор стратегии безопасного расхождения рассмотрены в работе [3]. В работах [4, 5] рассмотрен выбор стратегии расхождения судна с учетом инерционности судна и навигационных опасностей. В работе [6] рассмотрена ситуация чрезмерного сближения судов и предложена стратегия экстренного расхождения, структура которой определяется текущим поведением цели. Формализация процесса расхождения судов, как дифференциальной антагонистической игры приведена в работе [7], а в работе [8] рассмотрен выбор оптимального маневра расхождения пары судов.

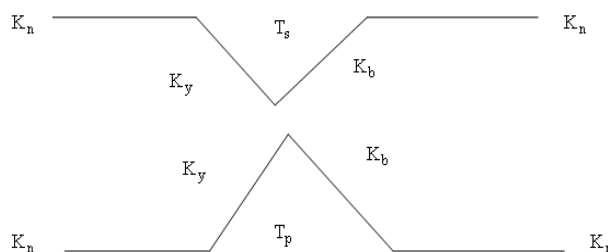
Анализируемые работы рассматривают различные аспекты проблемы предупреждения столкновения судов, но в них упущен важный вопрос связи форм истинной и относительной траекторий расхождения и учет этого обстоятельства при выборе маневра расхождения изменением курса судна.

**Цель.** Целью настоящей статьи являются общие сведения взаимосвязи форм относительной и истинной траекторий расхождения судов и выявление влияния одной из форм относительной траектории расхождения на выбор параметров стратегии расхождения.

**Материалы и методы.** Форму истинной траектории расхождения, которая характеризуется отклонением вправо, обозначим  $T_s$ , а форму истинной траектории расхождения отклонением влево -  $T_p$ . Обе формы показаны на рис. 1.

В общем случае относительная траектория расхождения может принимать одну из форм, которые показаны на рис. 2. В случае, когда скорость судна  $V_o$  превосходит скорость цели  $V_c$ , т. е.  $V_o > V_c$ , формы истинных и относительных траекторий расхождения совпадают. Другими словами, имеют место только два соответствия:  $T_p \rightarrow T_1$  и  $T_s \rightarrow T_2$ .

Ситуация изменяется, когда скорость маневрирующего судна меньше скорости цели, т. е.  $V_o < V_c$ , что происходит из-за того, что при увеличении истинного курса судна  $K_o$  относительный



**Рис. 1.** Формы истинной траектории расхождения

курс  $K_{ot}$  имеет как участок роста, так и участок убывания [1]. Поэтому в зависимости от разности курсов судов и отношения их скоростей каждой из форм истинной траектории расхождения как  $T_s$ , так и  $T_p$ , могут соответствовать все четыре формы относительной траектории расхождения. Следовательно, при  $V_o < V_c$  могут иметь место следующие соответствия:  $T_p \rightarrow \{T_1, T_2, T_3, T_4\}$ , и  $T_s \rightarrow \{T_1, T_2, T_3, T_4\}$ .

Если курсы траектории расхождения  $K_n$ ,  $K_y$  и  $K_b$  принадлежат только одному участку роста или убывания относительного курса  $K_{ot}$ , то каждой из форм  $T_s$  и  $T_p$  истинной траектории расхождения могут соответствовать формы  $T_1$  и  $T_2$  относительной траектории, т. е.  $T_p \rightarrow \{T_1, T_2\}$ , и  $T_s \rightarrow \{T_1, T_2\}$ . Если

же курсы  $K_n$ ,  $K_y$  и  $K_b$  истинной траектории расхождения принадлежат различным участкам изменения относительного курса, то возникают предпосылки к возникновению форм  $T_3$  и  $T_4$  относительной траектории расхождения и могут реализоваться соответственно:  $T_p \rightarrow \{T_3, T_4\}$ , и  $T_s \rightarrow \{T_3, T_4\}$ . Отметим очень важное обстоятельство, связанное с формой относительной траектории. Дело в том, что расчет параметров стратегии расхождения производится с помощью выражений, аналитический вид которых определяется именно формой реализовавшейся относительной траектории расхождения.

Поэтому каждая из форм  $T_1 \div T_4$  относительной траектории расхождения характеризуется своей системой формул для расчета параметров стратегии расхождения.

**Результаты и их обсуждение.** Рассмотрим ситуацию, когда имеет место соответствие  $T_p \rightarrow T_3$ , т.е. истинной траектории уклонения влево соответствует относительная траектория двойного изменения относительного курса

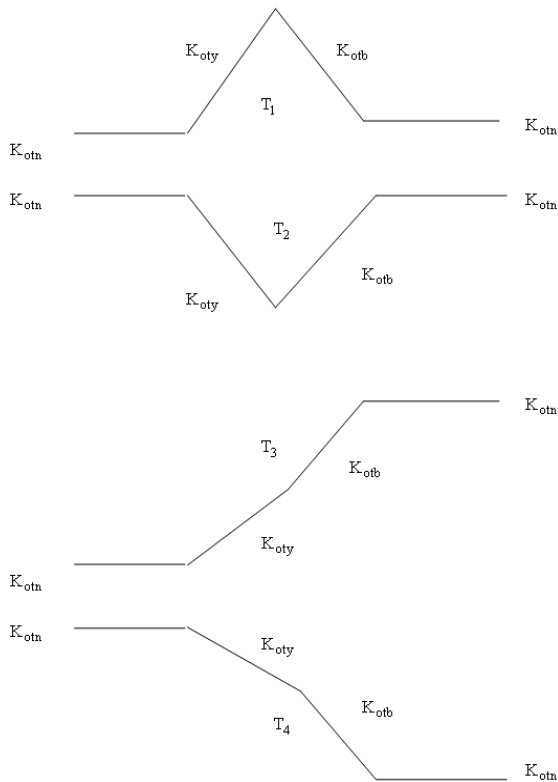


Рис. 2. Формы относительной траектории расхождения

влево. На рис. 3 показано расположение курсов  $K_n$ ,  $K_y$  и  $K_b$  судна относительно кривой зависимости относительного курса.

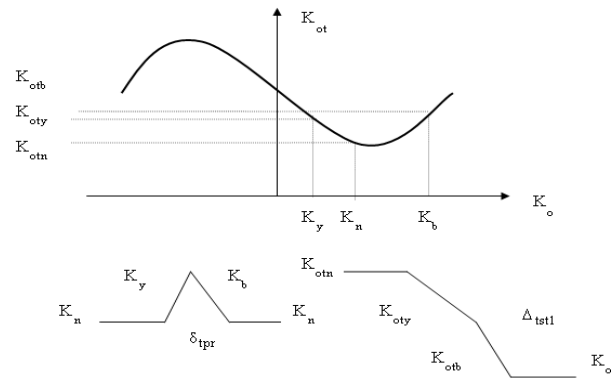


Рис. 3. Ситуация возникновения формы  $T_3$  относительной траектории расхождения

В качестве примера рассмотрим ситуацию опасного сближения судна с целью, которая характеризуется параметрами: пеленгом  $\alpha = 106^\circ$ , дистанцией  $D = 5$  миль,  $K_o = 180^\circ$ ,  $V_o = 18$  узлов,  $K_c = 230^\circ$ ,  $V_c = 25$  узлов и показана на рис. 4. Истинная траектория расхождения судна выбрана отворотом влево на  $30^\circ$  и возвращения на заданную траекторию под углом  $45^\circ$ , а относительная траектория расхождения имеет форму  $T_3$  (рис. 4).

Процесс расхождения отображен на рис. 5 и 6. На рис. 5 показан поворот судна на участок уклонения, а поворот судна на участок выхода отображен на рис. 6.

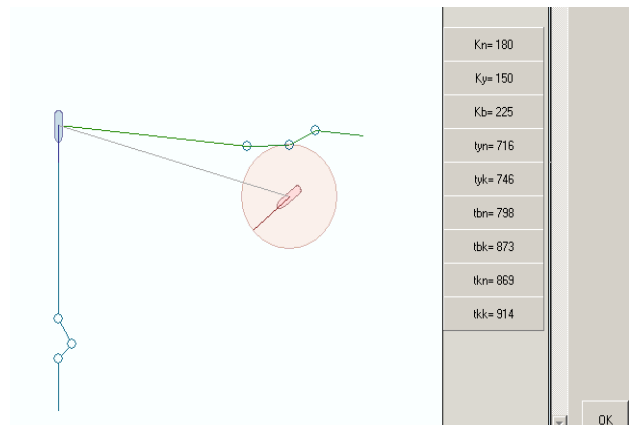


Рис. 4. Начальная ситуация и траектории истинного и относительного расхождения

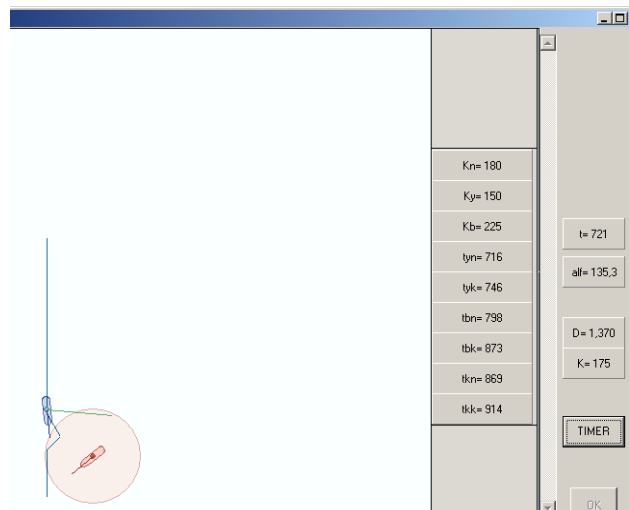


Рис. 5. Поворот судна на участок уклонения

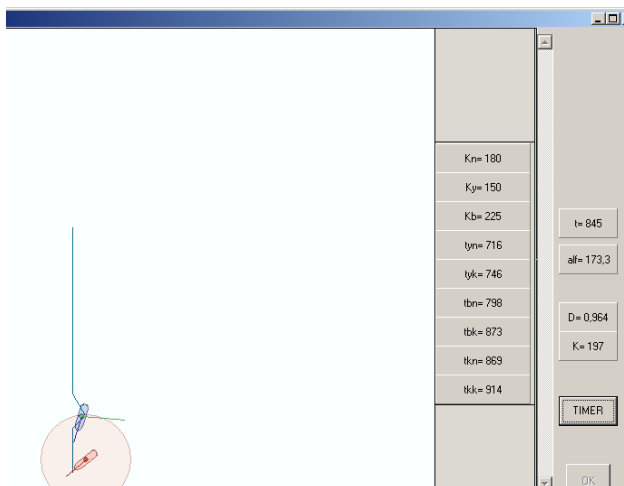


Рис. 6. Поворот судна на участок выхода

## Выводы

1. Приведена характеристика двух форм истинной траектории расхождения и четырех форм относительной траектории. Изложены общие сведения взаимозависимости форм истинной и относительной траекторий расхождения.
2. Показано влияние одной из форм относительной траектории расхождения на расчет моментов времени поворота на соответствующие участки безопасного маневра расхождения.
3. Предложен расчетный пример выбора маневра расхождения с рассмотренной формой относительной траектории, реализованный компьютерной программой, корректность которого подтверждена имитационным моделированием.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. - 424 с.
2. 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.
3. 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.
4. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / Бурмака И.А. // Судовождение. - 2005. - №10. - С. 21 - 25.
5. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. - 2003. - №6. - С. 103 - 107.
6. 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.
7. 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.
8. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7. - 2002. - С. 115-120.

## REFERENCES

1. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels / N. Tsymbal, I.Burmaka, E. Tyupikov, Odessa: KP OGT, 2007. - 424 p.
2. 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.
3. 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.
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. 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.
6. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A., Buzhbetskiy R. - LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. - 202 p.
7. 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.
8. Safin I.V. Choice of optimum maneuver of divergence / I.V. Safin // Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv. - 2002.- №7. - p. 115 -120.

### Взаимосвязь форм истинной и относительной траекторий расхождения

Т. Ю. Омельченко

**Аннотация.** Рассмотрены основы взаимосвязи форм истинной и относительной траекторий расхождения, причем показано, что двум формам истинной траектории расхождения в общем случае соответствует четыре формы относительной траектории. Указывается, что форма относительной траектории расхождения определяет вид аналитических выражений расчета параметров стратегии расхождения. Для одной из форм относительной траектории расхождения определены моменты времени поворота судна для реализации безопасного маневра предупреждения столкновения. Приведен пример с использованием компьютерной программы.

**Ключевые слова:** безопасность судовождения, расхождение судов, формы истинной и относительной траекторий расхождения.

### The relationship between the forms of the true and relative passing trajectories

T. Yu. Omelchenko

**Abstract.** The bases of the relationship between the forms of the true and relative discrepancy trajectories are considered, and it is shown that in the general case there are four forms of the relative trajectory corresponding to the two forms of the true passing trajectory. It is indicated that the form of the relative trajectory of discrepancy determines the type of analytical expressions for calculating the parameters of the discrepancy strategy. For one of the forms of the relative passing trajectory, the moments of the turn of the vessel are determined to implement a safe collision avoidance manoeuvre. An example is given using a computer program.

**Keywords:** safety of navigation, passing of ships, forms of true and relative passing trajectories.

## Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of small power and peak electric boilers

O. P. Ostapenko

Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine  
Corresponding author. E-mail: ostapenko1208@gmail.com

Paper received 09.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-23>

**Abstract.** The approach, aimed at determination of the areas and modes of high energy efficiency of energy supply systems (ESS) with cogeneration heat pump installations (CHPI) of small power and peak electric boilers (EB), on conditions of optimal operation modes of CHPI, taking into consideration complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor heat pump installations (HPI) of small power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy, is suggested.

**Keywords:** *area of high energy efficient operation, energy supply system, cogeneration heat pump installation of small power, steam compressor heat pump installation of small power, peak electric boiler.*

**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 – 12]. This technology provides the application of combined cogeneration heat pump installations, that enables to reduce the consumption of natural or alternative gas by 30 – 45 %, as compared with boiler installations of the equivalent capacity [1], and obtain cheaper at cost electric energy, as compared with the grid energy (by 30 – 40 %). Cogeneration drive of HPI compressors can be provided on the base of gas engines-generators, manufactured by Ukrainian enterprises.

**Publications review on the subject.** In research [2 – 3] energy advantages are evaluated and efficient real operation modes of HPI with electric and cogeneration drives are determined, with the account of the impact of drive energy sources of steam compressor heat pumps and energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy to HPI. In research [4 – 5] methodical fundamentals of comprehensive assessment of energy efficiency of steam compressor heat pump plants (HPP) with electric and cogeneration drives, with the account of complex impact of HPP variable operation modes, peak sources of heat of HPP, sources of HPP drive energy and with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy are suggested. In [5 – 6] scientific fundamentals are suggested and comprehensive assessment of energy efficiency of steam compressor HPP with cogeneration drive with the account of complex impact of HPP variable operation modes, HPP peak sources of heat, sources of drive energy of steam compressor HPP of various power levels, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy is performed. In research [7] the assessment of ESS energy efficiency on the base of combined CHPI are realized, efficient operation modes of ESS with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy of steam compressor HPI of various power levels, with the account of energy losses in the processes of generation, supply and conversion of electric energy are determined. In research [8] energy efficiency of ESS, based on combined CHPI and peak sources of heat (PSH) is evaluated, efficient operation modes of these ESS with the account of complex impact of variable operation

modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of various power levels, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy are determined. In research [9] methodical fundamentals are developed, assessment of energy efficiency of energy supply systems with combined CHPI and PSH, on conditions of optimal operation modes of CHPI for heat supply systems is performed, energy efficient operation modes of ESS with CHPI and PSH with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of various power levels, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy, is performed.

In accordance with [8 – 9], optimal distribution of loading between CHPI and PSH (for instance, hot-water fuel-fired boiler, electric boiler, solar collectors, etc.) within the frame of ESS largely determines energy efficiency of the above-mentioned ESS. Such distribution is characterized by the share of CHPI loading within the frame of ESS  $\beta$ , that is determined as the ratio of thermal capacity of CHPI to thermal capacity of ESS  $\beta = Q_{CHPI}/Q_{ESS}$ . In the paper [8] it is suggested to realize comprehensive assessment of ESS with CHPI and PSH energy efficiency by complex dimensionless criterion of energy efficiency:

$$K_{ESS} = (1 - \beta) \cdot K_{PSH} + \beta \cdot K_{CHPI} \quad (1)$$

where  $K_{PSH}$  – dimensionless criterion of energy efficiency of peak source of heat within ESS (hot-water fuel-fired boiler (FB), electric boiler (EB), solar collectors, etc.) from the researches [8 – 9, 11 – 12],

$K_{CHPI}$  – dimensionless criterion of CHPI within ESS energy efficiency from the researches [2, 7 – 8].

In research [8] spheres of energy efficiency operation of CHPI of various power levels, obtained on the base of the research [7] and determined by CHPI energy efficiency dimensionless criterion  $K_{CHPI}$ , depending on real values of HPI coefficient of performance  $\varphi_r$  and efficient factor of gas-piston engine-generator (GPE)  $\eta_{EGPE}$ . Energy efficient operation modes of CHPI correspond to the condition  $K_{CHPI} > 1$ .

Dimensionless criterion of energy efficiency of peak source of heat – electric boiler – within ESS  $K_{PSH}$ , according to [8], obtained on the base of energy balance

equation for the systems «Source of electric energy – electric boiler – heat consumer from ESS», with the account of the impact of the energy sources for peak electric boiler and with the account of energy losses in the process of generation and supply of electric energy to electric boiler. In research [8], assessment of peak electric boiler energy efficiency in ESS, in case of electric energy usage from CHPI and for the cases of electric energy consumption from energy system, based on conventional or alternative sources of electric energy on the base of steam-gas installations, gas-turbine installations, solar power plants of thermodynamic cycle, wind energy plants is carried out.

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 electric 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] on conditions of  $K_{CHPI} > 1$  and  $K_{ESS} > \eta_{EB}$  and modes of energy efficient operation of CHPI, areas of energy efficient operation and energy efficient operation modes of ESS with CHPI and peak electric boilers with different variants of electric energy sources for peak electric boiler, for different levels of ESS elements energy efficiency are determined. It is determined, that ESS with CHPI and peak electric boilers, suggested in the research [11], will be energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be  $\beta > 0,7$ . 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 [1 – 12] the authors did not determine the areas of high energy efficiency of energy supply systems with combined CHPI of small power and peak EB, on conditions of optimal operation modes of CHPI.

**Objective. Aim of the research** is the determination of the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB on conditions of optimal operation modes of CHPI, determination of high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of small power and peak EB with the account of complex impact

of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of small power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy.

**Materials and methods.** The research contains the evaluation of high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of small power and peak EB. Energy efficiency of ESS with steam compressor HPI of small power (up to 1 MW) with cogeneration drive from GPE was studied. Electric boiler houses were provided to be used as peak sources of heat in ESS. The investigated ESS with CHPI of small power and peak EB 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 EB are presented in works [1, 10]. Methodical fundamentals of energy efficiency evaluation of ESS with CHPI and peak EB are given in research [8].

Areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB can be determined from the dependences, suggested in the research [11 – 12], on conditions of  $K_{CHPI} > 1$  and  $K_{ESS} > 1$  [11]. If the above-mentioned conditions are realized, the investigated ESS with CHPI of small power and peak EB can be recommended as high energy efficient ESS that can be competitive with modern high-efficient electric and fuel-fired boilers in heat supply and energy supply systems.

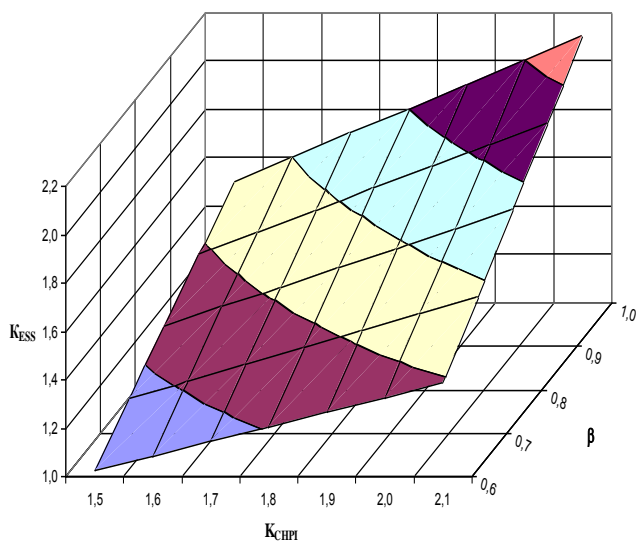
In our study the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB are defined on conditions of optimal operation modes of CHPI on the base of the research, carried out [7 – 8].

**Results and discussion.** Application of the suggested approaches, aimed at determination of the areas of ESS with CHPI of small power and peak EB high energy efficiency will be demonstrated on the specific examples. Figs. 1 – 3 shows the results of research, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB for energy efficient operation modes of CHPI, based on the results of the studies [7 – 8]. The values of dimensionless criterion of ESS with CHPI of small power and EB energy efficiency for the cases of variable loading of CHPI within ESS on condition of CHPI share change within the range  $\beta = 0,1 \dots 1,0$  are determined. As above mentioned, the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB can be determined on conditions of  $K_{CHPI} > 1$  and  $K_{ESS} > 1$  [11]. The research is carried out for energy efficient operation modes of small power CHPI with  $K_{CHPI} = 1,1 \dots 2,1$  (on conditions of maximum efficiency of GPE) and with  $K_{CHPI} = 1,1 \dots 1,6$  (on conditions of minimum efficiency of GPE), based on the results of the studies [7 – 8]. The above-mentioned values of CHPI  $K_{CHPI}$  energy efficiency criterion correspond to the values of real coefficient of performance of CHPI within the limits of  $\varphi_r = 3,0 \dots 5,4$  for CHPI of small power, according to [8].

Fig. 1 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler, on condition of electric energy consumption by electric boiler from energy system of Ukraine. In the given research, according to [2, 7], the following values are taken into account: averaged value of the efficiency factor of

Ukrainian electric power plants (EPP)  $\eta_{EPP} = 0,383$  and efficiency factor value of distributive electric grids in Ukraine  $\eta_{DG} = 0,875$ . For these conditions, electric boiler house with  $\eta_{EB} = 0,95$  is provided to be peak source of heat in ESS.

In case of efficiency factor of electric boiler house change in the range  $\eta_{EB} = 0,9 \dots 0,95$  the value of dimensionless criterion of electric boiler energy efficiency for the cases of electric energy consumption from energy system will be  $K_{PSH}^{ES} = 0,302 \dots 0,318$ . On conditions of  $K_{CHPI} > 1$  and  $K_{ESS} > 1$  dependences, suggested in the given research, determine the areas of high energy efficient operation of the studied ESS.



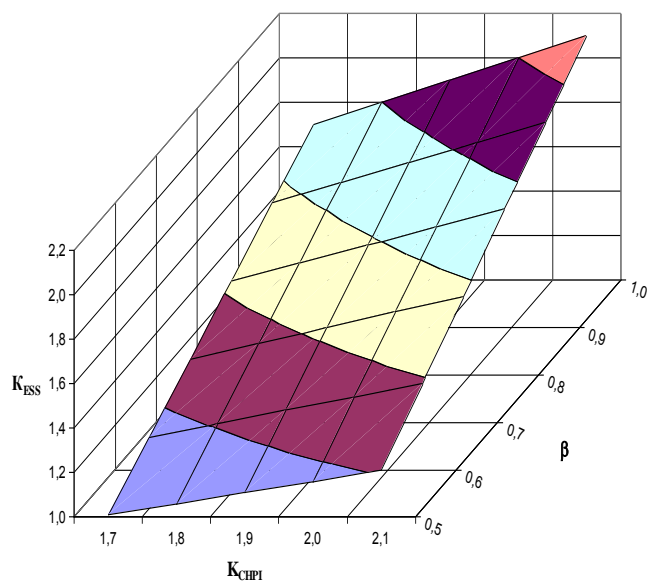
**Fig. 1** – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler, on condition of electric energy consumption by electric boiler from energy system of Ukraine

As it is seen from Fig. 1, the values of complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are  $K_{ESS} = 1,03 \dots 1,5$  on condition of minimal value of energy efficiency criterion of CHPI  $K_{CHPI} = 1,5$ ; for operation modes of ESS with  $K_{CHPI} > 1,5$  the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency change within the limits of  $K_{ESS} = 1,09 \dots 2,1$ . High energy efficient operation modes of these ESS are provided on conditions of energy efficient operation modes of CHPI with the values of energy efficiency index  $K_{CHPI} = 1,5 \dots 2,1$ .

As it is seen from Fig. 1, on conditions of  $K_{CHPI} > 1,5$  and  $K_{ESS} > 1$  [11], dependence, shown in Fig. 1, determine area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler (boiler house), on condition of electric energy consumption by electric boiler from energy system of Ukraine.

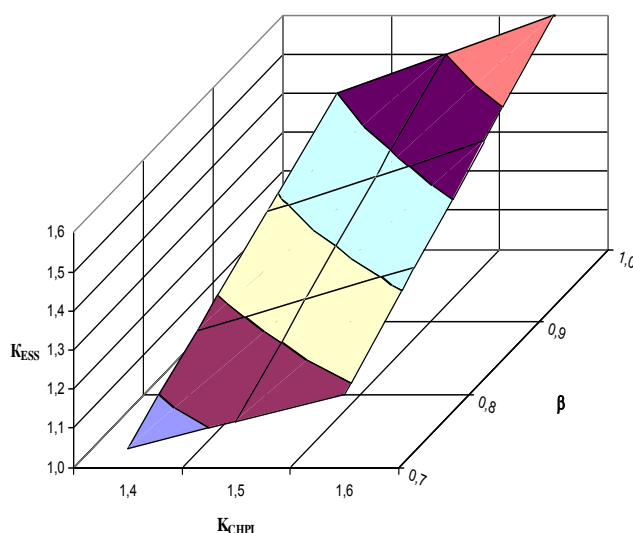
The investigated ESS with CHPI of small power and peak EB, on condition of electric energy consumption by electric boiler from energy system of Ukraine, can be recommended as high energy efficient ESS, that can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in heat supply and energy supply systems, as their efficiency more than two times exceeds energy effi-

ciency of modern high efficient electric and fuel-fired boilers.



**Fig. 3** – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler, on conditions of maximal efficiency of GPE and EB, with the consumption of electric energy by peak electric boiler from CHPI

Fig. 2 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler house, on conditions of minimal efficiency of GPE and EB, with the consumption of electric energy by peak source of heat (electric boiler) from CHPI. In the given research, in accordance with [2, 7], the following values are taken into account: value of GPE efficiency factor  $\eta_{EGPE} = 0,31$  and value of electric motor efficiency factor with the account of energy losses in the control unit of electric motor  $\eta_{ED} = 0,8$ . Electric boiler house with  $\eta_{EB} = 0,9$  is provided to be peak source of heat in ESS for these conditions.



**Fig. 2** – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler house, on conditions of minimal efficiency of GPE and EB, with the consumption of electric energy by peak electric boiler from CHPI



The value of dimensionless criterion of energy efficiency of electric boiler for the cases of electric energy consumption from CHPI will be  $K_{PSH}^{EC} = 0,223$ .

As it is seen from Fig. 2, the values of complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are  $K_{ESS} = 1,05 \dots 1,4$  on condition of minimal value of energy efficient criterion of CHPI  $K_{CHPI} = 1,4$ ; for operation modes of ESS with  $K_{CHPI} > 1,4$  the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency change in the limits  $K_{ESS} = 1,12 \dots 1,6$ . High energy efficient operation modes of these ESS are provided on conditions of energy efficient modes of CHPI operation with the values of energy efficiency index  $K_{CHPI} = 1,4 \dots 1,6$ .

As it is seen from Fig. 2, on conditions of  $K_{CHPI} > 1,4$  and  $K_{ESS} > 1$  [11], dependence, shown in Fig. 2, determine area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler (boiler house), on conditions of minimal efficiency of GPE and electric boiler (boiler house), with the consumption of electric energy by peak source of heat (electric boiler) from CHPI. On these conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high energy efficient systems of energy supply, as their efficiency almost two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. Such ESS could be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in the systems of heat and energy supply.

Fig. 3 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler, on conditions of maximal efficiency of GPE and EB, with the consumption of electric energy by peak electric boiler from CHPI. In the given research, according to [2, 7], the following values are taken into account: value of GPE efficiency factor  $\eta_{EGPE} = 0,42$  and value of electric motor efficiency with the account of energy losses in the control unit of electric motor  $\eta_{ED} = 0,8$ . Electric boiler house with  $\eta_{EB} = 0,95$  is provided to be peak source of heat in ESS for these conditions. The value of dimensionless criterion of electric boiler energy efficiency for the cases of electric energy consumption from CHPI will be  $K_{PSH}^{EC} = 0,319$ .

As it is seen from Fig. 3, the values of complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are  $K_{ESS} = 1,01 \dots 1,7$  on condition on minimal efficient value of energy efficient criterion of CHPI  $K_{CHPI} = 1,7$ ; for operation modes of ESS with  $K_{CHPI} > 1,7$  the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency change within the limits of  $K_{ESS} = 1,06 \dots 2,1$ . High energy efficient operation modes of these ESS are provided on conditions of energy efficient modes of CHPI operation with the values of energy efficiency index  $K_{CHPI} = 1,7 \dots 2,1$ .

As it is seen from Fig. 3, on conditions of  $K_{CHPI} > 1,7$  and  $K_{ESS} > 1$  [11], dependence, shown in Fig. 3, determine area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boiler (boiler house), on conditions of maximal efficiency of GPE and electric boiler (boiler house), with the consumption of electric

energy by peak source of heat (electric boiler) from CHPI. On such conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high energy efficient energy supply systems, as their efficiency more than two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. The studied ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in heat and energy supply systems.

It is determined, that ESS with CHPI of small power and peak electric boilers, suggested in the research, will be high energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be  $\beta > 0,5 \dots 0,7$  (depending on sources of drive energy for steam compressor CHPI and various ESS elements energy efficiency) and the value of energy efficient criterion of CHPI will be  $K_{CHPI} > 1,4 \dots 1,7$  (depending on sources of drive energy for steam compressor CHPI and various ESS elements energy efficiency); that corresponds to the results of research, shown in Figs. 1-3. At these conditions the areas of high energy efficiency of the above-mentioned ESS are determined. Under realization of these conditions, modern high efficient electric and fuel-fired boilers will be inferior by energy efficiency to the above-mentioned ESS.

Under such conditions, the above-mentioned ESS with CHPI of small power and peak electric boilers can be recommended as high efficient energy supply systems, as even in case of minimal efficiency of GPE and electric boiler, energy efficiency of ESS almost two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. This ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in the systems of heat and energy supply.

**Conclusions.** Areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak EB, on conditions of optimal operation modes of CHPI are determined; high energy efficient operation modes of ESS with small power CHPI and peak EB with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of small power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy are determined.

The suggested approach, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak electric boilers has a number of advantages:

- it takes into account variable operation modes of ESS with the change of load distribution between steam compressor CHPI and peak EB in ESS;
- it enables to determine areas and modes of high energy efficient operation of ESS with small power CHPI and peak EB, 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 energy efficient operation of ESS with peak electric boilers and steam compressor CHPI of small power, with various refrigerants, sources of low temperature heat and scheme solutions;
- it allows to develop recommendations, aimed at high energy efficient operation of ESS with small power CHPI and peak EB with different scheme solutions.

Under conditions of  $K_{CHPI} > 1,4...1,7$  (depending on sources of drive energy for steam compressor CHPI and various ESS elements energy efficiency) and  $K_{ESS} > 1$  and modes of energy efficient operation of CHPI, areas of high energy efficiency and high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of small power and peak electric boilers, for various ESS elements energy efficiency are determined.

It is determined, that ESS with CHPI of small power and peak electric boilers, suggested in the research, will be high energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be  $\beta > 0,5...0,7$  (depending on sources of drive energy for steam compressor CHPI and various ESS elements energy efficiency). 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 with CHPI of small power and peak electric boilers can be recommended as high energy efficient ESS, as even in case of minimal efficiency of GPE and electric boiler, energy efficiency of ESS almost two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. This ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in the systems of heat and energy supply.

#### 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>.

#### Области высокой энергоэффективности систем энергоснабжения с когенерационно-теплонасосными установками малой мощности и пиковыми электрическими котлами

**О. П. Остапенко**

**Аннотация:** Предложен подход по определению областей и режимов высокой энергоэффективности систем энергоснабжения (СЭ) с когенерационно-теплонасосными установками (КТНУ) малой мощности и пиковыми электрическими котлами (ЭК), при условиях оптимальных режимов работы КТНУ, с учетом комплексного влияния переменных режимов работы, источников приводной энергии для парокомпрессионных теплонасосных установок (ТНУ) малой мощности, с учетом потерь энергии при генерировании, снабжении и преобразовании электрической энергии.

**Ключевые слова:** область высокой энергоэффективности, система энергоснабжения, когенерационно-теплонасосная установка малой мощности, парокомпрессионная теплонасосная установка малой мощности, пиковый электрический котел.



## Особенности расчета параметров маневра уклонения при локально-независимом управлении процессом расхождения судов

Э. Н. Пятаков

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

Paper received 08.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-24>

**Аннотация.** Рассмотрена истинная траектория расхождения судна с целью при опасном сближении и ее формы в зависимости от стороны уклонения. Показано, что двум формам истинной траектории расхождения в общем случае соответствуют четыре формы относительной траектории расхождения, причем приведены численные примеры параметров ситуации сближения, при которых реализуется каждая из форм относительной траектории. Получены аналитические выражения, с помощью которых возможен расчет моментов времени поворота судна для реализации маневра расхождением, зависящие от показателей формы относительной траектории.

**Ключевые слова:** безопасность судоходства, процесс расхождения судов, формы истинной и относительной траекторий расхождения, аналитические выражения расчета параметров стратегии расхождения.

**Введение.** В ситуации опасного сближения судов при дистанции кратчайшего сближения меньше предельно-допустимой дистанции возникает угроза их столкновения, что вызывает необходимость выполнения маневра расхождения. В настоящее время локально-независимое управление является основным принципом управления процессом расхождения судов, который предусматривает контроль каждым из судов текущей ситуации сближения, а в случае опасного сближения судов выбор маневра расхождения производится каждым из них независимо с учетом координации маневров, обеспечивающих их согласованность. Причем система координации в настоящее время реализована в МППСС-72. В процессе расхождения изменением курса приращение истинного курса вызывает приращение относительного курса, которые могут иметь разные знаки, что ведет к неоднозначности расчетов параметров расхождения. Решению этой проблемы посвящена данная статья.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Для расхождения оперирующего судна с несколькими опасными целями в работе [1] предложен метод формирования гибких стратегий расхождения методами локально-независимого управления, а в работе [2] освещены принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов, а также приведен анализ методов их реализации и рассмотрены перспективные актуальные способы повышения безопасности предупреждения столкновений судов.

Особенности взаимодействия судов в различных ситуациях опасного сближения и выбор стратегии расхождения для предупреждения их столкновения в зависимости от уровня опасности ситуационного возмущения рассмотрены в работе [3]. Способ выбора оптимального маневра расхождения пары судов представлен в работе [4], а стратегия экстренного расхождения судов в ситуации их чрезмерного сближении рассмотрена в работе [5].

В работах [6, 7] представлен способ учета инерционности судна и навигационных опасностей в районе маневрирования при расчете параметров стратегии расхождения судна, а в работе [8] процесс расхождения судов формализован в терминах дифференциальной игры.

**Цель.** Целью статьи является анализ особенностей расчета параметров стратегии расхождения судна при его локально-независимом управлении.

**Материалы и методы.** Как показано в работе [2], маневр расхождения судна предусматривает сначала момент времени  $t_y$  его поворот на курс  $K_y$  для уклонения с программной траектории движения, а затем в момент времени  $t_{b*}$  поворот на курс  $K_b$  для возвращения на нее, как показано на рис. 1. Форму истинной траектории расхождения удобно характеризовать показателем  $\delta_y$ , который принимает значение 1 при уклонении судна вправо и -1 в противном случае. Относительная траектория расхождения характеризуется формой с показателями  $\Delta_y$  и  $\Delta_b$ , причем  $\Delta_y = 1$  при относительном уклонении вправо и  $\Delta_y = -1$  в случае относительного уклонения влево. Показатель  $\Delta_b = 1$  при  $\sin(K_{otb} - K_{oty}) > 0$  и  $\Delta_b = -1$  в противном случае.

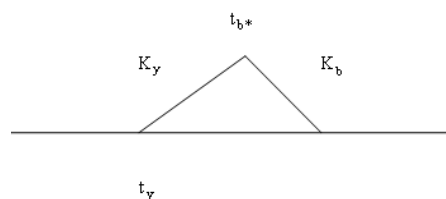


Рис. 1. Характеристика формы истинной траектории расхождения

Очевидно, что истинная траектория расхождения может иметь только две формы, которые определяются показателем  $\delta_y$ , в то время как форма относительной траектории расхождения зависит от значений двух показателей  $\Delta_y$  и  $\Delta_b$ , поэтому имеет четыре разновидности  $\Delta T_i$ , которые представлены в табл. 1.

Таблица 1.

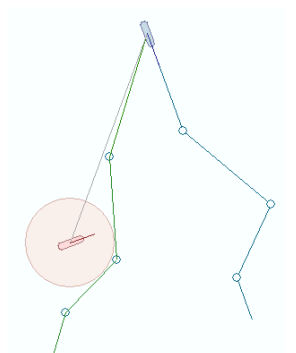
Формы	$\Delta T_1$	$\Delta T_2$	$\Delta T_3$	$\Delta T_4$
$\Delta_y$	-1	1	-1	1
$\Delta_b$	1	-1	-1	1

В качестве примеров на рис. 2÷5 показаны относительные траектории со всеми представленными формами.

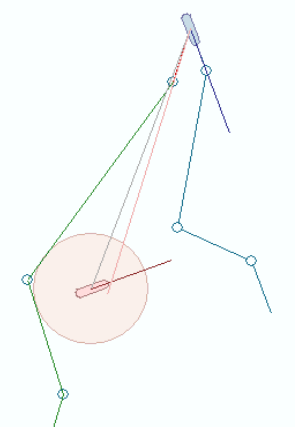
В табл.2 приведены параметры ситуации опасного сближения судов.

**Таблица 2.** Параметры ситуации опасного сближения судов

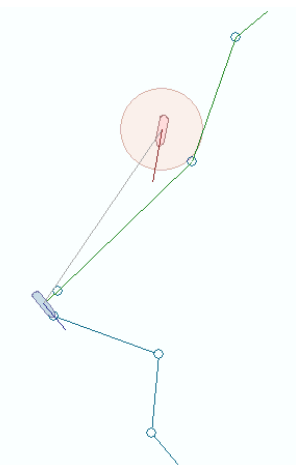
Формы	$\alpha^\circ$	D мили	$K_o^\circ$	$V_o$ узлы	$K_c^\circ$	$V_c$ узлы	Уклонение
$\Delta T_1$	200	5	160	20	70	15	влево
$\Delta T_2$	200	5	160	20	70	15	вправо
$\Delta T_3$	34	5	140	17	190	15	влево
$\Delta T_4$	286	5	180	18	130	25	вправо



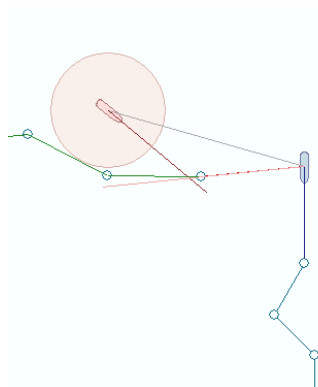
**Рис. 2.** Относительная траектория расхождения формы  $\Delta T_1$



**Рис. 3.** Относительная траектория расхождения формы  $\Delta T_2$



**Рис. 4.** Относительная траектория расхождения формы  $\Delta T_3$

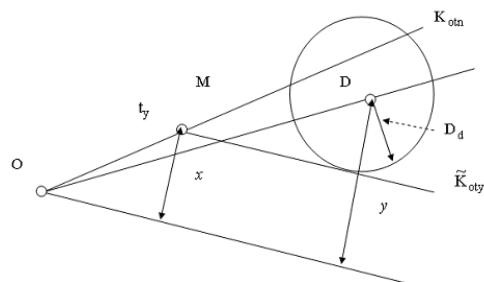


**Рис. 5.** Относительная траектория расхождения формы  $\Delta T_4$

**Результаты и их обсуждение.** Для определения времени уклонения  $t_y$ , т. е. поворота на курс уклонения приведем рис. 6, из которого следует:

$$t_y = \frac{OM}{V_{otn}}$$

где  $V_{otn}$  - начальная относительная скорость.



**Рис. 6.** Определение значения  $t_y$

Искомое значение  $OM$  определяется из выражения:

$$OM = \frac{x}{\sin(K_{otn} - \tilde{K}_{oty})}$$

где  $K_{otn}$  - начальный относительный курс.

В свою очередь,

$$x = y - D_d \text{ и } y = \Delta_y D \sin(\tilde{K}_{oty} - \alpha),$$

где  $\Delta_y = \text{sign}[\sin(\tilde{K}_{oty} - K_{otn})] = \pm 1$ .

Поэтому

$$t_y = \frac{\Delta_y D \sin(\tilde{K}_{oty} - \alpha) - D_d}{\Delta_y V_{otn} \sin(K_{otn} - \tilde{K}_{oty})} \tag{1}$$

Рассмотрим процедуру расчета момента времени  $t_{b*}$  поворота судна в сторону его программной траектории движения. Условием безопасного расхождения на участке выхода является равенство дистанции кратчайшего сближения  $D_{min2}$  и предельно-допустимой

дистанции  $D_d$ , т. е.  $D_{min2} = D_d$ , как показано на рис.

7. Из рис. 7 для форм  $\Delta T_1$  и  $\Delta T_2$  относительной траектории расхождения получено выражение для момента времени  $t_{b*}$  поворота к заданной траектории движения [2]:

$$t_{b*} = t_y + \frac{\Delta_b D_d + D_n \sin(\alpha_n - K_{otb}) + V_{otn} t_y \sin(K_{otb} - K_{otn})}{V_{oty} \sin(\tilde{K}_{oty} - K_{otb})} \quad (2)$$

где  $\Delta_b = \text{sign}[\sin(K_{otb} - K_{oty})]$ ;  $V_{oty}$  – относительная скорость на участке выхода.

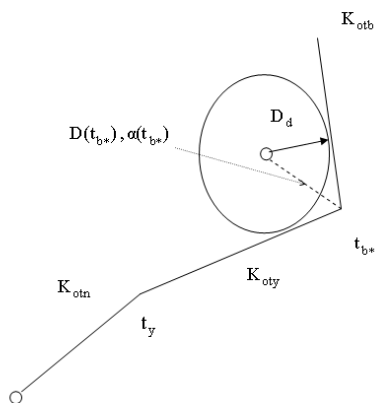


Рис. 7. Определение момента времени  $t_{b*}$  для форм  $\Delta T_1$  и  $\Delta T_2$

Если реализуются формы  $\Delta T_3$  или  $\Delta T_4$ , то расчет величины  $t_{b*}$  из-за того, что  $\Delta_y \Delta_b = 1$ , производится другим способом. Для получения требуемого аналитического выражения обращаемся к рис. 8.

Из рисунка следует:

$$t_{b*} = t_y + \frac{D_y \cos(K_{oty} - \alpha_y)}{V_{oty}} \quad (3)$$

где  $\alpha_y$  и  $D_y$  – соответственно пеленг и дистанция до цели в момент времени  $t_y$ .

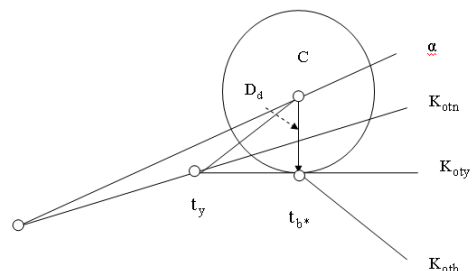


Рис. 8. Определение времени выхода  $t_{b*}$  для форм  $\Delta T_3$  и  $\Delta T_4$

Таким образом, для расчета параметров стратегии расхождения, как следует из выражений (1)–(3), следует учитывать значения показателей  $\Delta_y$  и  $\Delta_b$  относительной стратегии расхождения.

**Выводы.** 1. Рассмотрена истинная траектория расхождения судна с целью и ее возможные формы в зависимости от стороны уклонения.

2. Показано, что двум формам истинной траектории расхождения соответствуют четыре формы относительной траектории расхождения и приведены примеры реализации каждой из форм.

3. Получены аналитические выражения для расчета моментов времени поворота судна при расхождении, которые зависят от показателей формы относительной траектории, что составляет научную новизну статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. - 424 с.
2. 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.
3. 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.
4. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7. - 2002. - С. 115-120.
5. 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.
6. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / Бурмака И.А. // Судовождение. – 2005. - №10. – С. 21 – 25.
7. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. – 2003. – №6. – С. 103 - 107.
8. 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.

#### REFERENCES

1. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels / N. Tsymbal, I. Burmaka, E. Tyupikov, Odessa: KP OGT, 2007. – 424 p.
2. 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.
3. 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.
4. Safin I.V. Choice of optimum maneuver of divergence / I.V. Safin // Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv. - 2002.- №7. - p. 115 -120.
5. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A., Buzhbetskiy R. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 p.
6. 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.
7. 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.

#### **Особенности расчета параметров маневра уклонения при локально-независимом управлении процессом расхождения судов**

**Э. Н. Пятаков**

**Аннотация.** Рассмотрена истинная траектория расхождения судна с целью при опасном сближении и ее формы в зависимости от стороны уклонения. Показано, что двум формам истинной траектории расхождения в общем случае соответствуют четыре формы относительной траектории расхождения, причем приведены численные примеры параметров ситуации сближения, при которых реализуется каждая из форм относительной траектории. Получены аналитические выражения, с помощью которых возможен расчет моментов времени поворота судна для реализации маневра расхождения, зависящие от показателей формы относительной траектории.

**Ключевые слова:** *безопасность судовождения, процесс расхождения судов, формы истинной и относительной траекторий расхождения, аналитические выражения расчета параметров стратегии расхождения.*

#### **Features of calculating the parameters of evasion manoeuvre for locally independent control of the process of ship's passing**

**E. N. Pyatakov**

**Abstract.** The true trajectory of the ship's passing is considered with the aim of dangerously approaching and its shape depending on the side of the evasion. It is shown that in the general case there are two forms of the true passing trajectory corresponding to four forms of the relative passing trajectory, with numerical examples of the parameters of the approach situation for each of the forms of the relative trajectory. Analytic expressions are obtained, with the help of which it is possible to calculate the time of turn of the vessel for the implementation of the evasion manoeuvre, depending on the indicators of the form of the relative trajectory.

**Keywords:** *safety of navigation, the process of ship's passing, forms of true and relative evasion trajectories, analytical expressions for calculating the parameters of the evasion strategy.*

# Оценка вероятности безопасной проводки судна стесненным маршрутом

В. В. Северин

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

Paper received 08.12.17; Revised 13.12.17; Accepted for publication 15.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-25>

**Аннотация.** Рассмотрен метод количественной оценки безопасности судовождения при плавании судна в стесненных водах, в которых показателем безопасности судовождения выбрана вероятность безопасной проводки судна заданным маршрутом. Метод учитывает точность контроля места судна при проводке, которая характеризуется случайной погрешностью бокового отклонения от программной траектории движения. Приведены примеры оценки вероятности безопасной проводки судна рассмотренным методом с помощью компьютерной программы.

**Ключевые слова:** безопасность судовождения, вероятность безопасной проводки, модель оценки безопасности судовождения.

**Введение.** Одной из наиболее актуальных проблем безопасности мореплавания является обеспечение безаварийного плавания судов в стесненных районах. Решение этой проблемы способствует снижению числа аварий, возникающих по причине посадок судов на мель и навалов на причал. Существенным аспектом решения указанной проблемы является разработка и анализ математической модели формирования вероятности безаварийного плавания судна по выбранному маршруту, который позволяет выявить существенные факторы и предупредить их отрицательное влияние на безопасность процесса судовождения.

**Краткий обзор публикаций по теме.** В работе [1] впервые рассматривалось влияние позиционной погрешности судна на навигационную безопасность, причем учитывалась только позиционная векториальная погрешность определения места судна и наличие точечной навигационной опасности. Развитие этой тематики отражено в работах [2, 3], причем критерий навигационной безопасности предложен в работе [2], а в работе [3] показаны два эквивалентных подхода к определению вероятности безаварийного плавания судна по заданному стесненному маршруту.

Разработка информационной системы имитационного моделирования движения судов со сложными динамическими моделями рассмотрена в работе [4]. По мнению авторов, данная система позволит обеспечить новый тип планирования маневров судна, а также осуществлять контроль выполнения заданного маневра. Предусмотрено текущее отображение заданного маневра одновременно с фактическим движением судна и с индикацией прогнозируемой траектории.

Работа [5] посвящена вопросам идентификации судовых моделей маневрирования. В данной работе сформирована нелинейная модель маневрирования судна, которая основана на анализе его гидродинамики. Для оценки параметров модели используется теория идентификации систем, причем расчет параметров модели производится по алгоритму, который основан на расширенной теории фильтра Калмана. Получение входных и выходных данных системы, необходимых для идентификации параметров, производилось с использованием циркуляционной и зигзагообразного маневра.

В работе [6] производится обоснование необходимости применения усовершенствованных компьютерных систем, так как средства прогноза движения судов, успешно применявшиеся в течение длительного времени, отличаются упрощенными моделями прогноза движения судна. Указанное обстоятельство ограничивает их

использование в части текущего отображения движения судна при изменении положения руля и оборотов двигателя, а также требует разработки более усовершенствованных прогнозных моделей движения судна.

Интеллектуальная система прогнозирования движения судна, которая рассмотрена в работе [7], имитирует процесс обучения автономного блока управления, созданного с помощью искусственной нейронной сети. Входные сигналы наблюдаются блоком управления, который 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.

**Цель.** Цель настоящей статьи – описание и анализ метода оценки вероятности безопасной проводки судна в стесненном районе плавания.

**Материалы и методы.** В работе [7] предложен способ расчета априорной вероятности  $P_b$  безаварийной проводки судна стесненным маршрутом с использованием одномерной плотности распределения погрешности бокового отклонения судна. Кратко изложим суть способа. Полагаем, что допустимая область безопасного плавания  $D$  задана аналитическим описанием ее правой  $G_{st}(X, Y)$  и левой  $G_{pt}(X, Y)$  границ. В допустимой безопасной области  $D$  также задана программная траектория движения судна  $T_{pr}(X, Y)$ , причем каждая точка программной траектории характеризуется парой нормальных расстояний от программной траектории движения до правой и левой границ безопасной области. Эти расстояния обозначены соответственно  $L_{st}(X, Y)$  и  $L_{pt}(X, Y)$ , учитывая, что  $\Delta_r$ . Движение судна по программной траектории сопровождается его неизбежными боковыми отклонениями, которые при воздействии возмущаемых факторов, носят случайных характер. Возникновение случайных боковых отклонений обусловлено стохастической природой погрешностей обсервации и счисления судна и его рысканиями под действием факторов, учет которых принципиально невозможен.

Для того, чтобы судно безопасно прошло заданным стесненным районом необходимо, чтобы его траектория движения принадлежала допустимой безопасной области плавания  $D$ , - это означает, что все боковые отклонения судна от программной траектории движения  $T_{pr}(X, Y)$  на всем ее протяжении не должны превосходить нормальных расстояний  $L_{st}(X, Y)$  и  $L_{pt}(X, Y)$  до

границ допустимой области. Условимся в дальнейшем нормальные расстояния  $L_{st}(X,Y)$  до правой границы безопасной области плавания  $D$  считать положительными, а до левой границы  $L_{pt}(X,Y)$  – отрицательными. Очевидно, вероятность  $\rho_i$  того, что отдельно взятое  $i$ -е боковое отклонение  $\Delta b_i$  не превосходит нормальные расстояния  $L_{sti}(X,Y)$  и  $L_{pti}(X,Y)$  до правой и левой границ допустимой области плавания определяется следующим аналитическим выражением:

$$\rho_i = P\{L_{pti} \leq \Delta b_i \leq L_{sti}\} = \int_{-L_{pti}}^{L_{sti}} f(x) dx, \text{ или}$$

$$\rho_i = P\{L_{pti} \leq \Delta b_i \leq L_{sti}\} = F(L_{sti}) - F(-L_{pti}),$$

где  $f(x)$  – плотность распределения бокового отклонения судна от программной траектории движения. Для безаварийной проводки судна по программной траектории необходимо, как уже отмечалось, чтобы все точки истинной траектории движения судна принадлежали безопасной области плавания  $D$ . Если рассматривать большое число предполагаемых проводок судов, то вероятности  $\rho_i$  соседних точек программной траектории можно рассматривать как вероятности независимых событий, а общую вероятность  $P$  безопасной проводки судна по безопасной области  $D$  получим как произведение вероятностей  $\rho_i$  по всем точкам программной траектории, а вероятность  $P$  в экспоненциальном виде выражается следующим образом:

$$P = \exp\{\ln \prod_i [F(L_{sti}) + F(L_{pti})]\}, \text{ или}$$

$$P = \exp\{\sum_{i=1}^s \ln[F(L_{sti}) + F(L_{pti})]\}, \quad (1)$$

где  $s$  – длина программной траектории.

В интегральном виде полученное выражение имеет вид:

$$P = \exp\{\int_0^s \ln[F(L_{st}) + F(L_{pt})] ds\}.$$

Учитывая, что ширина допустимой области в стесненных районах плавания намного меньше, чем длина программной траектории  $s$ , имеет смысл преобразовать выражение для вероятности  $P$ , исходя из возможных значений ширины  $b$  допустимой безопасной области плавания  $D$  и частот их повторений на протяжении всей длины программной траектории. Для этого воспользуемся выражением (1), в котором выражение  $\sum_{i=1}^s \ln[F(L_{sti}) + F(L_{pti})]$  можно представить в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^s \ln[F(L_{sti}) + F(L_{pti})] = \sum_{i=1}^{\Delta b} m_i \ln[F(L_{sti}) + F(L_{pti})],$$

где  $\Delta b = b_{max} - b_{min}$  – разность между максимальной  $b_{max}$  и минимальной  $b_{min}$  шириной допустимой безопасной области;

$m_i$  – количество пар нормальных расстояний  $L_{sti}$  и  $L_{pti}$ .

Умножим и разделим правую часть последнего выражения на общее число  $s$  составляющих суммы и получим выражение для вероятности  $P$ :

$$P = \exp\{s \sum_{i=1}^{\Delta b} \frac{m_i}{s} \ln[F(L_{sti}) + F(L_{pti})]\}.$$

Отношение  $m_i/s$  является частотой повторения значения ширины допустимой области равной  $b_i$ . Так как значение ширины  $b$  допустимой области изменяется от минимального значения  $b_{min}$  до максимального  $b_{max}$ , то распределение частот  $m_i/s$  по значениям ширины  $b$  области  $D$  является характеристикой допустимой области  $D$ , позволяющей формализовать ее степень стесненности. Указанную характеристику целесообразно назвать распределением частот по значениям ширины допустимой области и формально представлять в виде плотности распределения (аналогично плотности распределения вероятностей), которую обозначим  $\phi(b)$ . При этом выражение для вероятности  $P$  принимает следующий вид:

$$P = \exp\{s \sum_{i=1}^{\Delta b} \phi(b_i) \ln[F(L_{sti}) + F(L_{pti})]\}.$$

Переходя к интегральной характеристике, последнее выражение преобразуется следующим образом:

$$P = \exp\{s \int_{b_{min}}^{b_{max}} \phi(b) \ln[F(L_{st}) + F(L_{pt})] db\}. \quad (2)$$

Полученное выражение позволяет сделать априорную оценку вероятности в зависимости от основных существенных факторов: характеристики стесненности  $\phi(b)$  допустимой области плавания  $D$ ; характеристик точности, обеспечиваемой системой навигационного оборудования, выражающихся в параметрах функции распределения  $F(b)$ ; выбора программной траектории  $T_{pr}(X,Y)$  в допустимой области плавания, что влияет на соотношение нормальных расстояний  $L_{st}$  и  $b - L_{st}$  и длины программной траектории  $s$ .

**Результаты и их обсуждение.** Так как расчет вероятности  $P_1$  безопасной проводки судна по заданному маршруту с помощью выражения (2) является непростой задачей, то для расчета  $P_1$  была разработана имитационная компьютерная программа. С ее помощью вначале формировался стесненный маршрут плавания судна, для чего вводились массивы границ области безопасного плавания и программная траектория движения судна. Для выбранного маршрута выбиралось значение с.к.о. и принималось, что погрешности подчиняются нормальному закону распределения. С помощью компьютерной программы были определены одномерные характеристики выбранного стесненного маршрута, к которым относятся его стесненность и смещенность программной траектории, позволяющие произвести оценку вероятности безопасного плавания  $P_1$  по одномерной модели.

Оценка вероятности безопасной проводки судна производилась по пяти маршрутам. В качестве примера приведем подробный анализ трех маршрутов. Вначале формировался маршрут 1, для которого выбиралось значение с.к.о. равное 5. С помощью компьютерной программы были определены одномерные характеристики маршрута 1, которые позволили произвести точную оценку вероятности безопасного плавания  $P_1$  по одномерной модели, причем, как следует из рис. 1,  $P_1 = 0,4871$ .

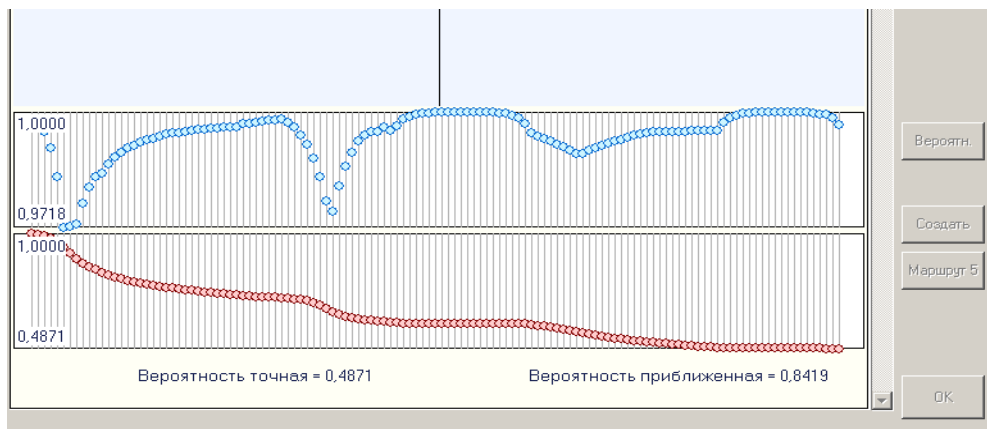


Рис. 1. Оценка вероятности  $P_1$  проводки судна маршрутом 1

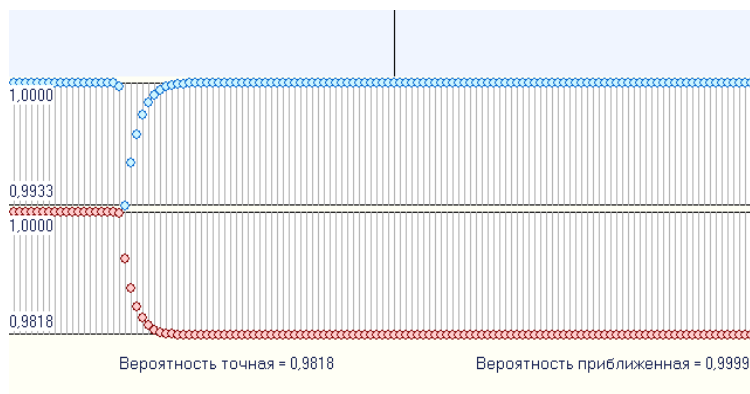


Рис. 2. Оценка вероятности  $P_1$  безопасной проводки судна маршрутом 3

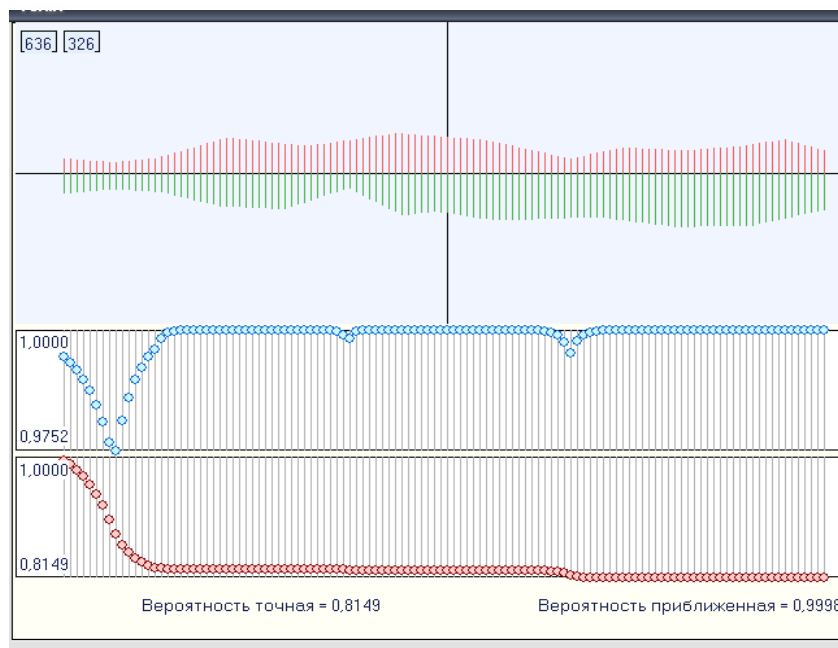


Рис. 3. Вероятность  $P_1$  безопасного плавания судна маршрутом 5

Особенностью очередного маршрута 3 является меньшая степень стесненности относительно прежнего маршрута. Для расчета вероятностей безопасной проводки судна по данному маршруту принималась точность  $\sigma=4,3$ . Оценка безопасности плавания маршрутом 3 с помощью модели одномерной плотности распределения погрешности бокового отклонения, как показано на рис. 2, составила  $P_1 = 0,9818$ .

В заключение рассмотрим проводку судна маршрутом 5. При плавании судна этим маршрутом выбрана выше точность контроля места судна, с.к.о. которой  $\sigma=4,6$ . С помощью модели одномерной плотности распределения погрешности бокового отклонения была определена вероятность  $P_1$ , величина которой составила 0,8149 (рис. 3).

В верхней части последнего рисунка показана допустимая область безопасного плавания судна, в которой осуществляется его проводка.

**Таблица 1.** Результаты оценки вероятности безопасной проводки судна

Маршрут	1	2	3	4	5
$P_1$	0,487	0,543	0,9818	0,9179	0,8149
$P_2$	0,484	0,546	0,982	0,916	0,817
$\delta P$ (%)	0,6	0,5	0,02	0,2	0,3

Для проверки полученных результатов компьютерной программой рассчитывались значения вероятности  $P_2$  безопасной проводки судна по тем же маршрутам с помощью модели, использующей двумерную плотность распределения позиционной векториальной погрешности, а затем полученные результаты сравнивались. Оценки вероятности безопасной проводки судна по всем пяти маршрутам с помощью обеих моделей приведены в табл. 1.

**Выводы**

1. Рассмотрен способ оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненном районе с помощью модели с одномерной плотностью распределения бокового отклонения судна от программной траектории движения, который позволяет сделать априорную оценку вероятности в зависимости от характеристики стесненности допустимой области плавания, показателей точности, выбора программной траектории в допустимой области плавания, что влияет на ее смещенность, и длины программной траектории.

2. С помощью разработанной компьютерной программы рассчитаны значения вероятности безаварийного плавания судна в стесненном районе моделью с одномерной плотностью распределения бокового отклонения для пяти стесненных маршрутов, причем результаты расчетов по трем маршрутам приведены в статье.

3. Компьютерной программой также рассчитывались значения вероятности безопасной проводки судна по тем же пяти маршрутам с помощью модели, использующей двумерную плотность распределения позиционной векториальной погрешности.

4. Средняя относительная разница  $\delta P$  между оценками вероятности проводки судна по обоим моделям составляет 0,3 %, что подтверждает правомерность оценки вероятности проводки судна по стесненному маршруту моделью с применением одномерной плотности распределения погрешности бокового отклонения.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / Кондрашихин В.Т. - М.: Транспорт, 1989. – 230 с.
2. Мельник Е.Ф. Обоснование выбора критерия навигационной безопасности судовождения/ Мельник Е.Ф.// Судовождение. – 2002. - № 5. – С. 65 - 73.
3. 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.
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. 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.
6. 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.
7. 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.

**REFERENCES**

1. Kondrashikhin V.T. Location of ship / Kondrashikhin V.T. - M.: Transport, 1989. – 230s.
2. Melnik E.F. Ground of choice of criterion of navigation safety of navigator/ Melnik E.F.// Sudovozhdenye. – 2002. - № 5. – P. 65 - 73.
3. 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.

**Оценка вероятности безопасной проводки судна стесненным маршрутом**

**В. В. Северин**

**Аннотация.** Рассмотрен метод количественной оценки безопасности судовождения при плавании судна в стесненных водах, в которых показателем безопасности судовождения выбрана вероятность безопасной проводки судна заданным маршрутом. Метод учитывает точность контроля места судна при проводке, которая характеризуется случайной погрешностью бокового отклонения от программной траектории движения. Приведены примеры оценки вероятности безопасной проводки судна рассмотренным методом с помощью компьютерной программы.

**Ключевые слова:** безопасность судовождения, вероятность безопасной проводки, модель оценки безопасности судовождения.

**Estimation of the probability of safe harnessing of a ship by a constrained route**

**V. V. Severin**

**Abstract.** The method of quantitative assessment of the safety of navigation while navigating a vessel in cramped waters is considered, in which the probability of safe navigation of a vessel by a specified route is chosen as a safety index of navigation. The method takes into account the accuracy of control of the ship's position during wiring, which is characterized by a random error of lateral deviation from the program path of motion. Examples of an estimation of probability of safe wiring of a vessel by the considered method by means of the computer program are given.

**Keywords:** safety of navigation, probability of safe wiring, model of safety assessment of navigation.



# Маневр расхождения судна снижением скорости активным торможением

Е. Л. Волков

Национальный Университет «Одесская Морская Академия», Одесса, Украина  
Corresponding author. E-mail: yevvolkov@gmail.com

Paper received 05.12.17; Revised 08.12.17; Accepted for publication 10.12.17.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2017-148V16-26>

**Аннотация:** Для ситуаций опасного сближения судна с целью в случае необходимости расхождения маневром расхождения снижением скорости судна предложен способ выбора параметров маневра активным торможением с помощью области недопустимых параметров движения судна. Получены аналитические выражения определения оптимальной скорости расхождения, показана реализация предлагаемого способа с помощью компьютерной программы. Корректность предлагаемого способа подтверждена имитационным моделированием.

**Ключевые слова:** безопасность судоходства, предупреждение столкновения судов, область недопустимых параметров движения судна, расхождение снижением скорости активным торможением.

**Введение.** Безопасность расхождения судов в значительной мере определяется своевременным выявлением ситуации опасного сближения, а также оперативным выбором корректного маневра расхождения в зависимости от реализовавшейся области взаимных обязанностей. При наличии достаточного водного пространства более предпочтительным является маневр расхождения изменением курса судна, а случае невозможности его проведения из-за навигационных препятствий следует применить маневр расхождения изменением скорости судна.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Работы [1-4] посвящены вопросам совершенствования вопросов выявления ситуации опасного сближения и предупреждения возможного столкновения. В работе [1] рассмотрены различные типы взаимодействия судов при возникновении ситуационных возмущений с разной степенью опасности столкновения. Концепция формирования гибких стратегий расхождения предложена в работе [2], в которой показано, что структура стратегии расхождения зависит от реализовавшегося значения ситуационного возмущения. В работе [3] формализована ситуация чрезмерного сближения судов и предложена стратегия экстренного расхождения. Проблема синтеза оптимальной структуры системы бинарной координации взаимодействия пары опасно сближающихся судов при расхождении исследована в работе [4]. В работе предложено согласованность маневров опасно сближающихся судов оценивать скоростью изменения дистанции кратчайшего сближения.

Теоретическое обоснование автономной судовой системы уклонения от столкновения СА (Collision avoidance) излагается в работе [5]. Наряду с процессом расхождения рассматриваются требования к автономной навигации. Отмечается, что современные исследования по автоматизации управления судном могут быть представлены в классической или компьютерной категориях, причем классические подходы основаны на математических моделях и алгоритмах. Компьютерные технологии основаны на использовании искусственного интеллекта AI (Artificial Intelligence), который для систем автономного расхождения, рассматриваемых в статье, реализован эволюционными алгоритмами, логикой фuzzi, экспертными методами, нейросетью и комбинациями этих методов — гибридными системы. Работа носит теоретический характер и не содержит рекомендаций практическому судоходству.

В работах [6-8] рассматривается возможность опи-

сания процесса расхождения судов методами дифференциальных игр и отмечается сложность задачи выбора оптимального маневра расхождения из-за многомерности процесса управления движением судна, который к тому же отличается нелинейными и нестационарными характеристиками.

Рассмотренные работы хотя и совершенствуют теоретические вопросы решения проблемы предупреждения столкновений судов, однако не содержат практических предложений по улучшению способов выбора маневров расхождения. Указанный пробел частично восполнен исследованиями по проблеме обеспечения безопасного расхождения судов методами внешнего управления с использованием недопустимых областей курсов или скоростей судов [9], которые могут быть модифицированы для локально независимого управления процессом расхождения. Некоторым аспектам этого вопроса посвящена настоящая статья.

**Цель.** Целью настоящей статьи является рассмотрение процедуры выбора судном маневра расхождения снижением скорости с помощью области недопустимых параметров движения судна.

**Материалы и методы.** В ситуации опасного сближения судна с целью в стесненных водах наличие навигационных препятствий могут привести к невозможности расхождения маневром изменения курса и вызывает необходимость использования маневра расхождения снижением скорости судна путем активного или пассивного торможения. Рассмотрим случай активного торможения судна для обеспечения безопасного расхождения. Допустим, начальная ситуация опасного сближения судов для начального момента времени  $t_0 = 0$  характеризуется пеленгом  $\alpha_0$  и дистанцией  $D_0$ . При формализации задачи для судна принимаем начальные координаты судна равны 0. Очевидно, начальные координаты цели имеют значения  $X_{20} = D_0 \sin \alpha_0$  и  $Y_{20} = D_0 \cos \alpha_0$ . Торможение судна начинается в момент времени  $t_0$  и в течение времени активного торможения  $\tau$  скорость судна уменьшается до значения  $V_{1y}$ , после чего судно следует с данной скоростью до момента времени кратчайшего сближения, после чего скорость увеличивается до начального значения  $V_1$ . Требуется определить максимальное значение скорости расхождения  $V_{1y}$ , которое обозначим  $V_{1ym}$ , обеспечивающее равенство дистанции кратчайшего сближения  $\min D$  с

предельно-допустимой дистанцией  $d_d$ , т. е.  $\min D = d_d$ . В этом случае потери ходового времени для расхождения будут минимальными.

$$\Delta X_1 = S \sin K_1; \Delta Y_1 = S \cos K_1; \Delta X_2 = V_2 t \sin K_2; \Delta Y_2 = V_2 t \cos K_2, \quad (1)$$

где  $\tau$  и  $S$  - соответственно продолжительность переходного процесса и пройденное судном расстояние за это время. Очевидно, на момент времени  $\tau$  параметры движения судна, как и относительный курс  $K_{отр}$ , становятся неизменными, а координаты судна и цели определяются следующими выражениями:

$$X_1(\tau) = X_{10} + \Delta X_1 = S \sin K_1; \\ Y_1(\tau) = Y_{10} + \Delta Y_1 = S \cos K_1;$$

$$D_p = \sqrt{(X_1(\tau) - X_2(\tau))^2 + (Y_1(\tau) - Y_2(\tau))^2}; \quad \alpha_p = \arcsin \frac{X_1(\tau) - X_2(\tau)}{D_p} \quad (3)$$

Значения параметров торможения  $\tau$  и  $S$  зависят от пониженной скорости  $V_{1y}$  судна, поэтому поиск оптимальной скорости  $V_{1ym}$  следует производить с помощью следующего циклического алгоритма. Вначале в качестве  $V_{1y}$  выбирается минимальная скорость судна  $V_{1ym}$ , близкая или равна нулю, для которой рассчитываются величины  $\tau$ ,  $S$ ,  $K_{отр}$ , и с помощью формулы (2-5) вычисляется значения  $D_{\min}(V_{1ymin})$ . Если значение  $D_{\min}(V_{1ymin})$  равно или больше величины  $d_d$ , то существует множество допустимых маневров расхождения с помощью снижения скорости  $V_{1y}$ . В противном случае следует выбрать маневр расхождения изменением курса и скорости. В случае же справедливости неравенства  $D_{\min}(V_{1ymin}) > d_d$  сле-

$$\tau = \frac{(1+k)m}{\sqrt{\mu P}} [\arctg(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_1) - \arctg(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_{1y})]; \quad S = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln \left| \frac{V_1^2 + \frac{P}{\mu}}{V_{1y}^2 + \frac{P}{\mu}} \right|, \quad (4)$$

где  $m$  - масса судна,  $k$  - коэффициент присоединенных масс воды,  $\mu$  - гидродинамический коэффициент сопротивления и  $P$  - сила упора винта судна.

В случае  $D_{\min}(V_{1ymin}) < d_d$  безопасное расхождение судна с целью невозможно в предельно-допустимой дистанции сближения. Поэтому необходимо выбрать другой курс судна  $K_{1y}$  и в случае существования для него безопасного маневра расхождения изменением скорости ему соответствует оптимальная скорость уклонения  $V_{1ym}$ , при которой дистанция кратчайшего сближения равна предельно-допустимой дистанции, т. е.  $\min D = d_d$ . Совокупность точек  $(K_{1y}, V_{1ym})$  являются границей недопустимой области  $\Omega_{dv}$ , на которой достигается равенство  $\min D = d_d$ , а внутри - сочетание параметров  $K_{1y}$  и  $V_{1y}$  не обеспечивают без-

В момент окончания переходного процесса активного торможения приращения координат судна  $\Delta X_1$ ,  $\Delta Y_1$  и цели  $\Delta X_2$ ,  $\Delta Y_2$  составляют:

$$X_2(\tau) = X_{20} + \Delta X_2 = D_0 \sin \alpha_0 + V_2 t \sin K_2; \\ Y_2(\tau) = D_0 \cos \alpha_0 + V_2 t \cos K_2.$$

Причем дистанция кратчайшего сближения судов:

$$D_{\min} = \text{Abs}[D_p \sin(K_{отр} - \alpha_p)] \quad (2)$$

в которой значения пеленга  $\alpha_p$  и дистанции  $D_p$  на момент времени  $\tau$  окончания переходного процесса изменения скорости судна определяются выражениями:

дует увеличить скорость  $V_{1y}$  на величину  $\Delta V_{1y}$  и считать значение  $D_{\min}(V_{1ymin} + \Delta V_{1y})$ , которое сравнивается с величиной  $d_d$ . Скорость  $V_{1y}$  пошагово увеличивают до тех пор, пока наступит равенство  $D_{\min}(V_{1ymin} + n\Delta V_{1y}) = d_d$ . Поэтому  $V_{1ymin} + n\Delta V_{1y} = V_{1ym}$  - оптимальное значение скорости расхождения судна.

**Результаты и их обсуждение.** Для поиска оптимального значения скорости уклонения  $V_{1ym}$  судна необходимо располагать аналитическими выражениями для параметров  $\tau$  и  $S$  активного торможения в зависимости от скорости уклонения  $V_{1y}$ , которые согласно [9] имеют следующий аналитический вид:

опасного расхождения маневром изменения скорости судна торможением. Найдем процедуру формирования границы области  $\Omega_{dv}$ , учитывая условие  $\min D = d_d$ . Подставляем выражение для  $\min D$  и получим:

$$\Delta D_p \sin(\alpha_p - K_{отр}) = d_d,$$

где  $\Delta = \text{sign}[\sin(\alpha_p - K_{отр})]$ .

Из последнего выражения следует:

$$\alpha_p = K_{отр} + \text{Arcsin} \frac{d_d}{\Delta D_p},$$

или с учетом выражения (3) для  $\alpha_p$ :

$$\text{Arcsin} \frac{X_1(\tau) - X_2(\tau)}{D_p} = K_{отр} + \text{Arcsin} \frac{d_d}{\Delta D_p},$$

из которого следует:

$$X_2(\tau) = X_1(\tau) - D_p \left[ \sin(K_{отр} + \text{Arcsin} \frac{d_d}{\Delta D_p}) \right]$$

или после подстановки  $X_2(\tau)$  из выражения (1) получим уравнение:

$$\tau = \frac{1}{V_2 \sin K_2} \{ X_1(\tau) - D_p \left[ \sin(K_{отр} + \text{Arcsin} \frac{d_d}{\Delta D_p}) \right] \}$$

Подставляем в последнее уравнение выражение для  $\tau$  (4):

$$V_{1y} = \sqrt{\frac{P}{\mu}} \text{tg} \left\{ \text{arctg} \left( \sqrt{\frac{\mu}{P}} V_1 \right) - \frac{\sqrt{\mu P}}{(1+k)mV_2 \sin K_2} \left[ X_1(\tau) - \left[ \sin(K_{отр} + \text{Arcsin} \frac{d_d}{\Delta D_p}) \right] D_p \right] \right\} \quad (5)$$

$$\text{где } D_p = \sqrt{(X_1(\tau) - X_2(\tau))^2 + (Y_1(\tau) - Y_2(\tau))^2}$$

$$X_1(\tau) = S \sin K_{1y} = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln \left| \frac{V_1^2 + \frac{P}{\mu}}{V_{1y}^2 + \frac{P}{\mu}} \right| \sin K_{1y} \quad Y_1(\tau) = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln \left| \frac{V_1^2 + \frac{P}{\mu}}{V_{1y}^2 + \frac{P}{\mu}} \right| \cos K_{1y}$$

$$X_2(\tau) = D_o \sin \alpha_o + V_2 \sin K_2 \frac{(1+k)m}{\sqrt{\mu P}} \left[ \text{arctg} \left( \sqrt{\frac{\mu}{P}} V_1 \right) - \text{arctg} \left( \sqrt{\frac{\mu}{P}} V_{1y} \right) \right]$$

$$Y_2(\tau) = D_o \cos \alpha_o + V_2 \cos K_2 \frac{(1+k)m}{\sqrt{\mu P}} \left[ \text{arctg} \left( \sqrt{\frac{\mu}{P}} V_1 \right) - \text{arctg} \left( \sqrt{\frac{\mu}{P}} V_{1y} \right) \right]$$

Для формирования области  $\Omega_{dv}$  и расчета ее границ была разработана компьютерная программа. В качестве примера была рассмотрена ситуация опасного сближения судов с параметрами:  $D = 3$  мили,  $\alpha = 200^\circ$ ,  $K_1 = 120^\circ$ ,  $K_2 = 70^\circ$ ,  $V_1 = 15$  узлов,  $V_2 = 20$  узлов,  $d_d = 1$  мили,  $\min D = 0,1$  мили (рис. 1).

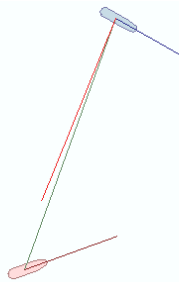


Рис. 1. Ситуация опасного сближения судов

$\text{arctg} \left( \sqrt{\frac{\mu}{P}} V_{1y} \right) = \text{arctg} \left( \sqrt{\frac{\mu}{P}} V_1 \right) \rightarrow$   
 $-\frac{\sqrt{\mu P}}{(1+k)mV_2 \sin K_2} \{ X_1(\tau) - \left[ \sin(K_{отр} + \text{Arcsin} \frac{d_d}{\Delta D_p}) \right] D_p \}$  и  
 получим выражение для расчета  $V_{1y}$  методом простых итераций:

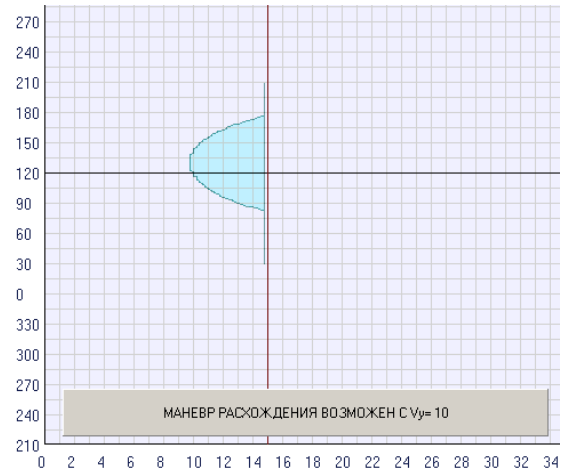


Рис. 2. Область  $\Omega_{dv}$  недопустимых параметров движения судна

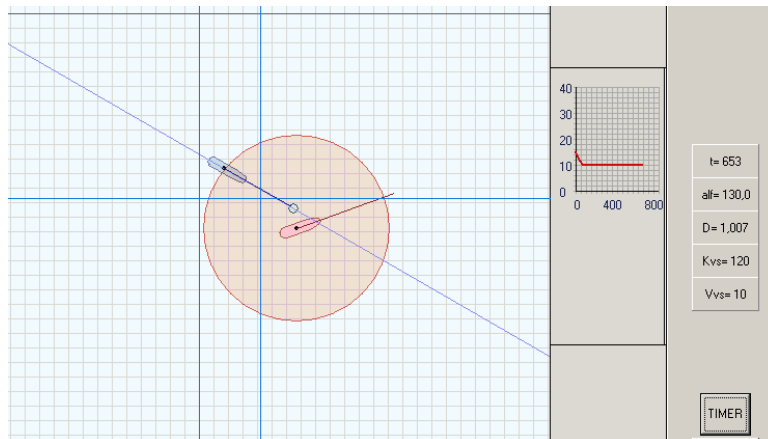


Рис. 3. Результаты имитационного проигрывания маневра расхождения

Граница области  $\Omega_{dv}$  недопустимых параметров движения судна ( $K_{1y}, V_{1y}$ ), которая была рассчитана компьютерной программой с помощью уравнения (5), показана на рис. 2.

Как видно из рис. 2, программой выводится сообщение о возможности безопасного расхождения снижением скорости активным торможением до 10 узлов. Это значит, что судно, следуя начальным курсом  $120^\circ$ , начинает активное торможение в нулевой момент времени, и когда скорость судна снизится до 10 узлов, торможение прекращается.

В дальнейшем судно следует скоростью 10 узлов до момента времени кратчайшего сближения, после чего судно увеличивает скорость до начального значения. Анализ области  $\Omega_{dv}$  показывает, что ее граница пересекает начальный курс  $120^\circ$  в точке с координатой 10 узлов (рис. 2), что подтверждает справедливость выведенного сообщения. В этом случае судно разойдется с целью на дистанции кратчайшего сближения, равной предельно-допустимой дистанции  $d_d=1$  миле.

Для проверки корректности выбранного маневра расхождения произведено его имитационное проиг-

рывание, результаты которого представлены на рис. 3. На рисунке отображен момент кратчайшего сближения судна с целью, который наступил на 653 с процесса расхождения, причем дистанция между судном и целью равна 1,007 мили, т. е. предельно-допустимой дистанции сближения, что подтверждает корректность способа определения маневра расхождения.

#### Выводы

1. Получены формулы расчета границы области недопустимых параметров движения судна, с помощью которой возможен выбор маневра расхождения снижением скорости судна активным торможением, что представляет научную новизну исследования.

2. Показана реализация предложенного способа с помощью компьютерной программы и приведен пример определения оптимальной скорости расхождения, который подтверждает оперативность способа выбора маневра расхождения.

3. Приведен результат проигрывания маневра расхождения имитационным моделированием, который подтверждает корректность предложенного способа определения параметров маневра.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбetsкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. – 312 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. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А.И., Бужбetsкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
4. 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.
5. Statheros Thomas. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / Statheros

- Thomas, Howells Gareth, McDonald-Maier Klaus. // J. Navig. 2008. 61, № 1, p. 129-142.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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. 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.
2. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels / N. Tsymbal, I.Burmaka, E. Tyupikov, Odessa: KP OGT, 2007. – 424 p.
3. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A.,

- Buzhbetskiy R. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 p.
4. 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.

#### The maneuver of the ship's passing by decreasing of the vessel's speed by active braking

Ye. L. Volkov

**Abstract.** For situations of dangerous rapprochement of the vessel with the target, in case of necessity, with maneuver of passing by a decreasing of the vessel's speed, a method of selecting the maneuver parameters by active braking with the help of an area of unacceptable parameters of the ship's motion is suggested in the paper. Analytic expressions for determining the optimal rate of the speed for the safety passing are obtained, and the implementation of the proposed method is given in a computer program. The correctness of the proposed method is confirmed by simulation modeling.

**Keywords:** safety of navigation, prevention of collision of vessels, area of unacceptable parameters of ship movement, vessel's passing maneuver by decreasing of the speed by active braking.

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

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

Készült a Rózsadomb Contact Kft nyomdájában.  
1022 Budapest, Balogvár u. 1.  
[www.rcontact.hu](http://www.rcontact.hu)