

p-ISSN 2308-5258

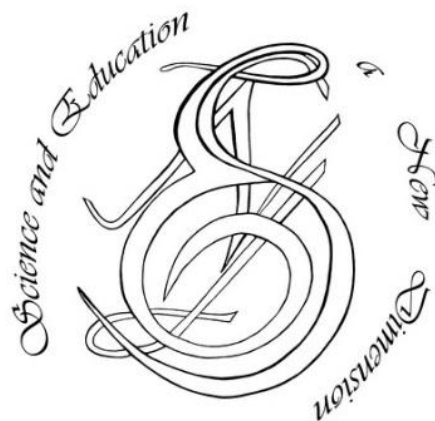
e-ISSN 2308-1996

Natural and Technical Sciences, VI(22), ISSUE 186, 2018 Dec.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

NATURAL
AND
TECHNICAL SCIENCES

TECHNICAL SCIENCES



www.seanewdim.com

p-ISSN 2308-5258

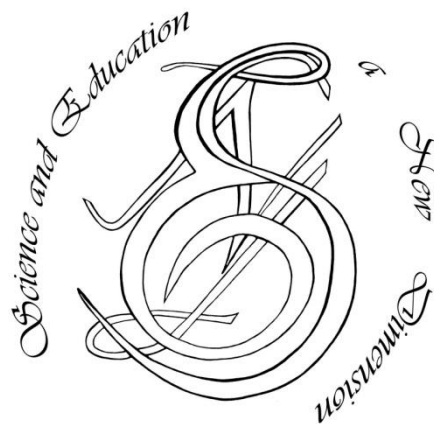
e-ISSN 2308-1996

VI(22), Issue 186, 2018 Dec.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22>

Natural and Technical Sciences



www.seanewdim.com

Editorial board

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

Honorary Senior Editor:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Managing editor:

Barkáts N.

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

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

BUDAPEST, 2015

Statement:

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

THE JOURNAL IS LISTED AND INDEXED IN:

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

ANATOMY	7
Краниометричне дослідження піднебінних показників людини зрілого віку	
<i>О. М. Сазонова, О. Ю. Вовк, В. Б. Ікрамов, Д. О. Гордійчук, І. В. Чеканова</i>	7
ARCHITECTURE	10
Tendenzen im Trockenbau – vom Trockenputz zum intelligenten Baustoff	
<i>P. V. Zakharchenko, O. M. Gavrysh, T. O. Kashchenko</i>	10
Тигмоморфогенез <i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh. та його індикаційне значення	
<i>С. С. Руденко, Т. В. Морозова</i>	13
ECOLOGY	18
Продукція макрозообентосу водосховища Сасик (Україна) у сучасних умовах	
<i>А. А. Галкіна, Ю. М. Джуртубаєв, В. В. Заморев</i>	18
Identification and risk analysis of environmental management system implementation projects in municipalities	
<i>N. Gurets</i>	21
Assessment of the soil conditions in the areas of excavation dumps in rock formations	
<i>О. Tverda, T. Hrebenuk, K. Tkachuk, V. Prokopenko</i>	26
MATHEMATICS	29
Оцінювання параметра Хюрста дробових броунівського поля за спостереженнями з похибками	
<i>Н. С. Аюбова, О. О. Курченко</i>	29
MEDICAL SCIENCES	32
Якість життя пацієнтів похилого та старечого віку в віддалені терміни після проведення кардіохірургічних операцій	
<i>О. М. Дружина, О. А. Лоскутов, С. Р. Маруняк</i>	32
Вивчення рівня фізичного здоров'я юнаків низинних районів Закарпаття за метаболічним рівнем аеробного та анаеробного енергозабезпечення в залежності від компонентного складу тіла	
<i>О. А. Дуло</i>	35
Результати використання адеметіоніну і його віддалені ефекти на показники ліпідограми у спортсменів високої професійної майстерності і у хворих на хронічний гепатит С	
<i>В. В. Грушко</i>	39
SPORTS	42
Аналіз спектрів потужності варіабельності серцевого ритму у спортсменів під час початкової адаптації до умов гірської гіпоксії	
<i>В. В. Сосновський, В. А. Пастухова, М. М. Філіппов, В. М. Льїн</i>	42

TECHNICAL SCIENCES.....	45
Влияние безопасной зоны прямоугольной формы на определение величины предельно - допустимой дистанции сближения судов <i>А. В. Бородулин.....</i>	45
Automated system for the creation and replenishment of users' electronic lexicographical resources <i>N.V. Borysova, K.V. Melnyk.....</i>	49
Применение области недопустимых значений параметров движения судов для безопасного расхождения при наличии мешающего судна <i>И. А. Бурмака.....</i>	53
Експериментальне дослідження стійкості базових колісних платформ до впливу вибухонебезпечних предметів <i>Т. Л. Куртсеітов, В. О. Дачковський, Я. О. Кізяк, О. І. Угринович.....</i>	58
Geometrically Nonlinear Transversal Vibrations of Corrugated Cylindrical Shells <i>M. V. Marchuk, T. V. Goriachko, V. S. Pakosh, O. F. Lesyk.....</i>	61
Backup power of a solar power plant through mathematical modelling of processes <i>V. Onufrei, A. Marchenko.....</i>	64
Оперативный способ определения параметров маневра расхождения <i>О. А. Петриченко.....</i>	68
Анализ области допустимых комбинированных маневров расхождения судна с двумя целями изменением курса и его активным торможением <i>В. Э. Пятаков.....</i>	72
Экспериментальные исследования и компьютерное моделирование железобетонной балки при пожаре <i>Н. Г. Сурьянинов, Ю. А. Отрош, А. С. Шляев.....</i>	76
Structure and properties of the directionally Mo-Si-B solidified alloy with the addition of lanthanum <i>M. Upatov, I. Bogomol.....</i>	80
Анализ дивергентной потери устойчивости стационарных режимов движения двухзвенного экипажа <i>В. Г. Вербицкий, А. И. Безверхий, Д. Н. Татиевский, В. И. Попивций.....</i>	82
Допустимая загрузка контейнеровоза <i>Е. А. Власенко.....</i>	87
Плотность распределения векториальной позиционной погрешности при избыточных измерениях и ее применение <i>И. И. Ворохобин.....</i>	95

ANATOMY

Краніометричне дослідження піднебінних показників людини зрілого віку

О. М. Сазонова, О. Ю. Вовк, В. Б. Ікрамов, Д. О. Гордійчук, І. В. Чеканова

Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна
Corresponding author. E-mail: irynachekanova@ukr.net

Paper received 21.11.18; Accepted for publication 28.11.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-01>

Анотація. На сьогоднішній день, провідне значення має існуючий діапазон індивідуальної анатомічної мінливості верхньої щелепи та її структур, які до теперішнього часу вивчені недостатньо. Данна стаття присвячена встановленню відмінностей розмірів різних утворень верхньої щелепи у залежності від статі та крайніх типів будови черепа. Проводилась детальна остеометрія верхньої щелепи людини зрілого віку. Встановлено, що довжина та висота піднебіння зазнає максимальне значення у людей з доліхокранним типом черепа, а мінімальне – з брахікранним, у той час, як ширина піднебіння збільшується у брахікранів та зменшується у доліхокранів.

Ключові слова: лицьовий череп, індивідуальна анатомічна мінливість, зрілий вік, піднебіння.

На сьогоднішній день існує велика кількість даних за морфологічними показниками структур лицьового черепа, зокрема верхньої щелепи [1-2]. Але розвиток сучасної медицини потребує високого рівня вивчення індивідуальної анатомічної мінливості структур щелепно-лицьової ділянки, що пов'язано з великою кількістю різних оперативних або естетичних втручань, особливо у людей зрілого віку [3-5].

У зв'язку з цим, стає питання про вікові, статеві особливості та індивідуальні відмінності співвідношення верхньої й нижньої щелеп, зіставлення з залишками зубів і альвеолярних дуг, а, відповідно, і настанню та виразності різних видів прикусу [6-8].

Підсумовуючи все вищезазначене, можливо зробити висновок, що провідне значення має існуючий діапазон індивідуальної анатомічної мінливості верхньої щелепи і її структур.

Мета дослідження. Метою нашого дослідження є встановлення відмінностей розмірів піднебіння у людей зрілого віку в залежності від статі та крайніх типів черепа.

Матеріали та метод дослідження. Матеріалом дослідження слугували 100 кісткових препаратів цілих та фрагментованих черепів, що увійшли до колекції кафедри анатомії людини Харківського національного медичного університету.

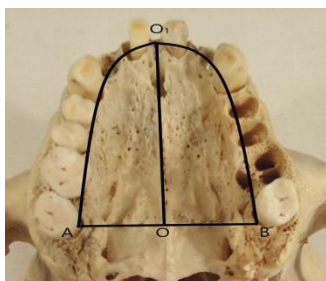


Рис.1. Загальний вигляд верхньої щелепи з проведеним вимірюванням двох половин: OO1 – довжина; AB – ширина; AO1B – периметр. Фото з колекції черепів № 30.

Проводилась детальна остеометрія верхньої щелепи. Так, вимірювання верхньої щелепи включали: довжину піднебіння (від заднього краю передньої різцевої альвеоли до заднього краю піднебіння); ши-

рину піднебіння (між внутрішніми краями альвеол 2-х молярів (рис. 1).

Для встановлення індивідуальної анатомічної мінливості кісткових структур, визначався черепний індекс за наступною формулою:

$$\text{Ind. чер.} = \frac{\text{Поперечний розмір (ширина)} \times 100}{\text{Поздовжній розмір (довжина)}}$$

де поперечний розмір визначається краніоциркулем між найбільш віддаленими точками (еуґон) тим'яних горбів, а довжина – між точками надперенісся (glabella) до зовнішнього потиличного бугра (opistocranium). При показниках індексу менше 75 – кісткові препарати черепів відносили до доліхоцефалів (доліхокранів); 75–79,9 – мезоцефалів (мезокранів); 80 і більше – брахіцефалів (брахікранів).

Проведена статистична обробка отриманих комплексних вимірювань з обчисленням середньої арифметичної (\bar{X}), середньоквадратичного відхилення (σ) і середньої помилки (m).

Всі розрахунки проводилися згідно комп'ютерної програми з використанням цифрових таблиць і стандартного пакету вихідних даних.

Результати та їх обговорення. Існують певні закономірності мінливості форми, розмірів, положення та взаємовідношень різних утворень верхньої щелепи у людей зрілого віку (табл.1).

Встановлено, що довжина піднебіння має певний діапазон мінливості у людей даного віку: у чоловіків у межах 3,40-5,00 см, у жінок 3,20-4,80 см. Причому, у представників з брахікранною формою черепа цей параметр мінімальний і варіює у чоловіків від 3,40 до 4,60 см та жінок - від 3,20 до 4,50 см.

У мезокранів - довжина піднебіння знаходиться у межах від 3,50 до 4,70 см (чол.) та від 3,40 до 4,70 см (жін.), завжди займає проміжну зону.

У представників з доліхокранною формою черепа визначається незначне збільшення даного параметра у чоловіків до 3,70-5,00 см, у жінок - до 3,6-4,80 см

Для ширини піднебіння характерний також морфометричний інтервал мінливості від 3,50 до 5,80 см з відмінностями у осіб чоловічої статі від 3,60 до 5,80 см, жіночої статі - від 3,50 до 5,10 см (див.табл.1).

З наведеної таблиці видно, що середня арифметична довжина піднебіння у цій віковій групі поступово збільшується від брахікранів ($\bar{x} = 3,950$ см при $\sigma = 1,521$ і $m = 1,420$ у чоловіків; $\bar{x} = 3,880$ см при $\sigma = 1,420$ та $m = 0,811$ у жінок) до мезокранів обох статей ($\bar{x} = 4,290$ см при $\sigma = 1,125$ і $m = 0,908$ та $\bar{x} = 4,150$ при $\sigma = 1,348$ і $m = 0,728$) та ще більше до доліхокранів ($\bar{x} = 4,860$ см при $\sigma = 2,010$ і $m = 0,855$ у чоловіків

та $\bar{x} = 4,730$ см при $\sigma = 1,838$ і $m = 0,690$ у жінок). Даний параметр піднебіння знаходиться у відповідності зі збільшенням поздовжніх розмірів лицьового черепа та верхньої щелепи від брахі-, мезо- і доліхокранів. При цьому, слід говорити про значний діапазон довжини піднебіння у людей різної статі впродовж досліджуваного вікового періоду (табл.2).

Таблиця 1. Діапазон відмінностей розмірів верхньої щелепи у людей зрілого віку (см)

№ з/п	Досліджувані ознаки		Довжина піднебіння	Ширина піднебіння	Висота піднебіння
	Форма черепа				
1.	Брахікрани	чол.	3,40-4,60	4,20-5,80	1,40-2,10
		жін.	3,20-4,50	4,20-5,10	1,10-2,00
2.	Мезокрани	чол.	3,50-4,70	3,80-4,90	1,20-2,10
		жін.	3,40-4,70	3,70-4,80	1,00-3,00
3.	Доліхокрани	чол.	3,70-5,00	3,60-4,50	1,50-2,30
		жін.	3,60-4,80	3,50-4,40	1,30-2,10

Таблиця 2. Варіаційно-статистичні показники довжини піднебіння у людей зрілого віку (см)

№ з/п	Досліджувані ознаки		\bar{x}	σ	m
	Форма черепа				
1.	Брахікрани	чол.	3,950	1,521	0,542
		жін.	3,880	1,420	0,811
2.	Мезокрани	чол.	4,290	1,125	0,908
		жін.	4,150	1,348	0,728
3.	Доліхокрани	чол.	4,860	2,010	0,855
		жін.	4,730	1,838	0,690

Залежно від даних форм будови черепа ширина піднебіння знаходиться у брахіморфних (круглоголових) людей у межах 4,20-5,80 см (чол.) і 4,20-5,10 см (жін.); у мезоморфних (середньоголових) - 3,80-4,90 см та 3,70-4,80 см; доліхоморфних (вузькоголових) - 3,60-4,50 см та 3,50-4,40 см (табл.1).

Проведений статистичний аналіз встановив існуючі індивідуальні відмінності ширини твердого піднебіння у людей цієї вікової групи (табл.3).

Обчислення статистичних показників вказують, що найбільшу ширину тверде піднебіння має у брахікра-

нів ($\bar{x} = 5,110$ см при $\sigma = 1,590$ і $m = 0,915$ у чоловіків та $\bar{x} = 4,980$ см при $\sigma = 1,340$ і $m = 0,895$ у жінок) з подальшою тенденцією до зменшення даного параметра у мезокранів чоловічої статі ($\bar{x} = 4,590$ см при $\sigma = 1,112$ і $m = 0,888$), жіночої статі ($\bar{x} = 4,420$ см при $\sigma = 0,998$ і $m = 0,801$). Мінімальні значення середньої форми визначаються у доліхокранів ($\bar{x} = 4,380$ см при $\sigma = 1,180$ і $m = 0,763$ та $\bar{x} = 4,310$ см при $\sigma = 1,085$ і $m = 0,705$).

Таблиця 3. Варіаційно-статистичні показники ширини піднебіння у людей зрілого віку (см)

№ з/п	Досліджувані ознаки		\bar{x}	σ	m
	Форма черепа				
1.	Брахікрани	чол.	5,110	1,590	0,915
		жін.	4,980	1,340	0,895
2.	Мезокрани	чол.	4,590	1,112	0,888
		жін.	4,420	0,998	0,801
3.	Доліхокрани	чол.	4,380	1,180	0,763
		жін.	4,310	1,085	0,705

Поряд з тим, встановлено діапазон мінливості висоти твердого піднебіння, який у людей зрілого віку варіює від 1,00 до 2,30 см (див.табл.1).

З урахуванням статевих відмінностей, спостерігається невелика перевага даного параметра у осіб чоловічої статі від 1,20 до 2,30 см і жіночої статі від 1,10 до 2,10 см. Статистично підтверджені ці особливості у залежності від різних форм будови черепа (табл.4).

Дана таблиця свідчить, що діапазон мінливості висоти твердого піднебіння не має широких значень як у чоловіків, так і жінок зрілого віку. При зменшенні поперечних параметрів мозкового та лицьового чере-

па відбувається збільшення даного параметра. Так, у брахікранів висота твердого піднебіння не перевищує $\bar{x} = 1,54$ см при $\sigma = 2,680$ і $m = 0,960$ (чол.) та $\bar{x} = 1,530$ см при $\sigma = 2,420$ і $m = 0,830$ (жін.); у мезокранів відбувається невелике збільшення значень середньої арифметичної $\bar{x} = 1,580$ см при $\sigma = 2,480$ і $m = 1,100$ (чол.) та $\bar{x} = 1,590$ см при $\sigma = 2,110$ і $m = 0,99$ (жін.). У доліхокранів обох статей визначається тенденція до збільшення висоти піднебіння зі значенням статистичних показників: $\bar{x} = 1,730$ см при $\sigma = 1,530$ і $m = 0,280$ (чол.) та $\bar{x} = 1,680$ см при $\sigma = 1,510$ і $m = 0,560$ (жін.).

Таблиця 4. Варіаційно-статистичні показники висоти твердого піднебіння у людей зрілого віку

№ з/п	Форма черепа	Досліджувані ознаки		\bar{X}	σ	m
		чол.	жін.			
1.	Брахікрани	чол.		1,541	2,680	0,960
		жін.		1,530	2,120	0,830
2.	Мезокрани	чол.		1,580	2,480	1,100
		жін.		1,590	2,110	0,990
3.	Доліхокрани	чол.		1,730	1,530	0,280
		жін.		1,680	1,510	0,560

Висновки.

1. Найбільшу довжину піднебіння мають люди з доліхокранною формою черепа а найменшу – з брахікранною.

2. Ширина піднебіння досягає максимальних розмірів у брахікранів при цьому істотно зменшуючись у доліхокранів.

3. Тенденція до збільшення висоти піднебіння визначається у представників з доліхокранним типом будови черепа а зменшення даного параметру – з брахікранним типом черепа.

ЛІТЕРАТУРА

1. Доменюк Д.А. Морфометрические показатели зубных дуг при гипербрахиognатии / Д.А. Доменюк, Б.Н. Давыдов, Э.Г. Ведешина [и др.] // Медицинский алфавит. Стоматология. - 2017. - Т. 2. №11 (308). - С. 45-47.
2. Смирнов В.Г. Клиническая анатомия челюстей. / В.Г. Смирнов, О.О. Янушевич, В.А. Митронин // М.: 2014. - 231с.
3. Куроедова В.Д. Распространенность зубочелюстных аномалий у взрослых и доля асимметричных форм среди них / В. Д. Куроедова, А. Н. Макарова // «Мир Медицины и Биологии». – 2012. - №4(35). – С. 031-035.
4. Ewers R. Restoration of the atrophic maxilla with four narrow and ultrashort implants. / R. Ewers, M. Marincola, V. Morgan [et all.] // International Journal of Clinical Oral and Maxillofacial Surgery. - 2018. - Vol. 4, No. 2. - Pp. 35-41. doi: 10.11648/j.ijcoms.20180402.11
5. Monje A. Morphologic Patterns of the Atrophic Posterior Maxilla and Clinical Implications for Bone Regenerative Therapy. / A. Monje, I.A. Urban, R.J. Miron [et all.] // Int J Periodontics Restorative Dent. – 2017. - Sep/Oct;37(5). - e279-e289. doi: 10.11607/prd.3228.
6. Сперанский В. С. Основы медицинской краниологии / В. С. Сперанский. – М. : Медицина, 1988. – 278с.
7. Вовк Ю.Н. Практическое значение индивидуальной анатомической изменчивости для современной краниологии / Ю. Н. Вовк, О. Ю. Вовк, В. Б. Икрамов [и др.] // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2016. – Т. 15, № 1. – С. 105–109.
8. Вовк Ю.Н. Перспективы и новые направления учения об индивидуальной анатомической изменчивости / Ю.Н. Вовк, О.Ю. Вовк // Вісн. проблем біолог. і мед. – 2016. – Вип. 2, Т. 1(128). – С. 376-379.

REFERENCES

1. Domenjuk D.A., Davydov B.N., Vedeshina Je.G., Dmitrienko S.V. Morfometricheskie pokazateli zubnyh dug pri giperbrachygnatii [Morphometric parameters of dental arches when hyperbrachygnathic]. Medicinskij alfavit. Stomatologija [Medical alphabet. Dentistry], 2017, Vol. 2, no.11 (308), pp. 45-47. (In Russ.; abstr. in Engl.).
2. Smirnov V.G., Janushevich O.O., Mitronin V.A. Klinicheskaja anatomija cheljustej [Clinical anatomy of the jaws]. Moscow, 2014. 231 p.
3. Kuroedova V.D., Makarova A.N. Prevalence of malocclusion in adults and share of asymmetric forms among them. Mir Meditsiny i Biologii. 2012; 35 (4): 31-035 (in Russ.)
4. Rolf Ewers, Mauro Marincola, Vincent Morgan, Paolo Perpetuini, Florian Wagner, Rudolf Seemann. Restoration of the atrophic maxilla with four narrow and ultrashort implants. International Journal of Clinical Oral and Maxillofacial Surgery. Vol. 4, No. 2, 2018, pp. 35-41. doi: 10.11648/j.ijcoms.20180402.11
5. Monje A, Urban IA, Miron RJ, Caballe-Serrano J, Buser D, Wang HL. Morphologic Patterns of the Atrophic Posterior Maxilla and Clinical Implications for Bone Regenerative Therapy. // Int J Periodontics Restorative Dent. 2017 Sep/Oct;37(5):e279-e289. doi: 10.11607/prd.3228.
6. Speranskii V.S. Osnovy medicinskoj kraniiologii [Fundamentals of medical craniology]. Moscow: Meditsina, 1988. 288 p.
7. Prakticheskoye znachenije individualnoy anatomicheskoy izmenchivosti dlya sovremennoy kraniiologii / Yu. N. Vovk, O. Yu. Vovk, V. B. Ikramov, A. A. Shmargalev, S. S. Malakhov // Klinichna anatomiya ta operativna khirurgiya. – 2016. – Т. 15, # 1. – S. 105–109.
8. Vovk YuN, Vovk OYu. Perspektivy i novye napravleniya ucheniya ob individualnoy anatomicheskoy izmenchivosti [Perspectives and new directions of the doctrine of individual anatomical variability]. Bulletin of problems in biology and medicine. 2016; 1(2):376-379 (in Russian).

Craniometric study of the palate indicators in adult human

O. M. Sazonova, O. Yu. Vovk, V. B. Ikramov, D. O. Gordiychuk, I. V. Chekanova

Abstract. To date, the important is the existing range of individual anatomical variability of the maxilla and its structures so far been insufficiently studied. This article is devoted to differences in the size of various structures of the maxilla depending on gender and terminal types of skull. The detailed craniometric study of the maxilla at middle-aged people was conducted. It was established that the length and height of the palate takes the maximum value in people with dolichomorphic type of skull, and the minimum – with brachimorphic, while the width of the palate increases at brachimorphic and decreases at dolichomorphic type.

Keywords: facial skull, individual anatomic variability, adult human, palate.

ARCHITECTURE

Tendenzen im Trockenbau – vom Trockenputz zum intelligenten Baustoff

P. V. Zakharchenko, O. M. Gavrysh, T. O. Kashchenko

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine
Corresponding author. E-mail: tkd362@ukr.net

Paper received 02.12.18; Accepted for publication 10.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-02>

Abstract. Im vorliegenden Artikel werden Gipsbauplatten aus der Sicht der modernen Warenkunde analysiert und eingeschätzt. Zuerst wurde der Markt von Gipsbauplatten in der Ukraine nach dem Volumen, dem Anteil von Export- und Importlieferungen sowie nach den Hauptoperatoren untersucht. Danach wurden die Konsumeigenschaften von Gipsbauplatten erfasst und nach deren Gewichtung rangiert. In verschiedenen Etappen des Lebenszyklus wies diese Rangierung erhebliche Unterschiede auf. Für die Produktion von Gipsbauplatten sind z.B. geringe Masse und das äußere Aussehen der Ware am wichtigsten. Für die Etappe der Anwendung sind Biegsamkeit und leichte Verarbeitungsart relevant und für die Nutzung – Funktionalität und Festigkeit. Solche Einschätzung nach dem Konsumentenwert der Ware ermöglicht Aussagen bezüglich der Tendenzen der weiteren Entwicklung des Trockenbaumarktes.

Keywords: *Trockenbau, Gipsbauplatten, Warenkunde, Konsumeigenschaften, Konsumentenwert, Lebenszyklus.*

Einleitung. Gipsbauplatten (GBP) spielen im Trockenbau heute eine entscheidende Rolle, deren Bedarf ständig wächst. Der Markt von GBP in der Ukraine betrug 2017 mehr als 50 Mio. m²[1]. Das schnelle und ständige Wachstum des Marktes ist mit den Vorteilen des Trockenbaus gegenüber den traditionellen Baumethoden verbunden, sowie mit einigen anderen Faktoren. Wie die warenkundlichen Forschungen zeigen, sind bei der Wahl der Platten mehrere Eigenschaften in verschiedenen Etappen deren Lebenszyklus (Herstellung, Verwendung und Nutzung) relevant. In der Produktion von GBP spielen immer größere Rolle die Faktoren, die mit Tendenzen der nachhaltigen Entwicklung zusammenhängen: z.B. Einsparung der Ressourcen – geringere Masse. Entscheidend bei der Verwendung der GBP sind solche Eigenschaften wie Biegsamkeit und relativ einfache und leichte Verarbeitungsart. Bei der Nutzung der GBP wichtiger sind dagegen besondere Eigenschaften der Produkte, die den Platten durch die Zugabe verschiedener Additive eine gewisse Funktionalität verleihen.

Kurzer Überblick über Publikationen zu diesem Thema. Trockenbau ist eine relativ junge Bauart. Industriemäßige Produktion von GBP begann in den USA erst vor 100 Jahren und in Europa – kurz vor dem 2. Weltkrieg. Die meisten Publikationen zum Thema Trockenbau sind hauptsächlich den Konstruktionen gewidmet, die man alternativ zu Massivbau ziemlich schnell und einfach erstellen kann [2]. Es gibt außerdem Veröffentlichungen zu einem speziellen Einsatzgebiet von GBP, nämlich - dem Feuerschutz der Baukonstruktionen [3]. Interessant sind Forschungen auf dem Gebiet der Modifizierung der Eigenschaften von GBP durch die Zugabe verschiedener Additive, um Produkte mit besonderer Funktionalität zu bekommen [4]. Schließlich existiert eine Reihe von Lernbüchern, die den Verarbeitern von GBP helfen sollen, die Fehler in den Trockenbausystemen zu vermeiden [5]. Die Anforderungen an GBP sind in EN 520 zusammengefasst [6]. Genormt sind nicht alle Eigenschaften von GBP – vor allem Abmessungen, Festigkeit, Feuchte- und Feuerwiderstand. Es fehlt bis jetzt komplexe warenkundliche Forschung der GBP, die die Gesamtheit ihrer Eigenschaften aus der Sicht des Warenwertes erfassen.

Das Ziel dieses Artikels ist die warenkundliche Einschätzung der Eigenschaften von GBP in verschiedenen Etappen deren Lebenszyklus (Herstellung, Verwendung und Nutzung).

Materialien und Methoden: Analyse der Fachliteratur mit dem Ziel, die Gesamtheit der Wareneigenschaften von GBP zu erfassen, Befragung von Experten auf dem Gebiet Trockenbau, Rangierung von Eigenschaften nach deren Gewichtung, Schlussfolgerungen zu den Tendenzen der Entwicklung des Trockenbaus.

Resultate und Diskussion. GBP werden hauptsächlich im Ausbau der Häuser als Trockenputz oder zur Bekleidung der Wände und Decken benutzt, sowie zur Errichtung der Trennwände, oder als feuerfeste Bekleidung der Baukonstruktionen. Der Markt von GBP in der Ukraine betrug 2017 mehr als 50 Mio. m² (Diagramm 1). 2005 - 2008 wuchs der Markt von GBP von 27,0 Mio. m² auf 91,5 Mio. m²[1]. Das heißt, dass die Verkaufszahlen in 5 Jahren 3,4 Mal gewachsen sind. 2009 sind die Verkaufszahlen fast um ein Drittel gefallen. 2010 - 2011 beobachtet man wieder das Wachstum: es wurde fast das Niveau von 2007 erreicht, aber 2012 gingen die Zahlen wieder zurück, und 2013 - 2014 blieb der Markt auf dem Niveau des Jahres 2009. Wegen der makrowirtschaftlichen Faktoren (Krisenerscheinungen in der Wirtschaft) sowie im Resultat des Verlustes von Territorien im Süden und im Osten der Ukraine war das Marktvolumen 2015 wieder 15% niedriger als im Vorjahr. In den letzten Jahren ist wiederum ein kleines Wachstum zu beobachten. Wie unsere Marktforschungen zeigen, überstiegen 2004 - 2008 die Importe stets die Exporte, was darüber zeugt, dass die Nachfrage höher als die heimische Produktion von GBP war. 2007 gingen die Importe wesentlich zurück und die Exporte sind fast 6 Mal gewachsen. Hauptsächlich war das durch die Inbetriebnahme der neuen Produktionskapazitäten der Firma Knauf bedingt. Obwohl die Importe von GBP zurückgingen, überstiegen sie 2007 – 2014 stets die Exporte. Ab 2015 verkürzten sich deutlich die Importe wegen makrowirtschaftlicher Faktoren und schwacher UAH und liegen unter den Exportzahlen. Der Markt von GBP in der Ukraine ist von zwei heimischen Produzenten (Knauf - 60% des Marktvolumens, Siniat – 30%) und einigen Importeuren (vor allem Rigips – 3%) vertreten. 2015 erschien auf dem GBP-Markt ein neuer Importeur – Firma Wolma (Russland - 7% des Marktvolumens), die in die Ukraine GBP unter der Marke "Belgips" von Minsker Gipsfabrik liefert.

Am Lehrstuhl für Warenkunde und kommerzielle Tätigkeit im Bauwesen an der Kiewer Nationalen Universität für Bauwesen und Architektur werden in den letzten 10 Jahren

neben Baustoffmarktanalysen Forschungen durchgeführt, die mit der Verbesserung der Struktur sowie mit der Erhöhung der physisch - technischen Eigenschaften der Erzeugnisse aus Porenbeton und Schaumgips verbunden sind. Außerdem werden neue Komposita auf der Silikat- und Gipsbasis sowie neue Produkte mit verbesserten Eigenschaften auf deren Grundlage geschaffen. Schließlich erforscht man Baustoffmärkte und Konsumeigenschaften der Baustoffe auf der Etappe deren Produktion, Verwendung und Nutzung [7; 8; 9].

Der Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung in der Warenkunde ist der Konsumentenwert einer Ware, der in der Fachliteratur als Kundennutzen definiert wird, der sich wiederum in der Gesamtheit der Konsumeigenschaften dieser Ware manifestiert. Bei der Vergleichsanalyse der Waren nach ihren Konsumentenwert werden sowohl Labor- als auch organoleptische Methoden verwendet. GBP weisen in verschiedenen Etappen des Lebenszyklus (Herstellung, Anwendung, Nutzung) bestimmte Eigenschaften auf, die sich nach der Wichtigkeitsrangierung erheblich unterscheiden

(Tabelle 1). Im Weiteren wird versucht, mit den in der Warenkunde üblichen Methoden (Experteneinschätzung, Rangierung von Eigenschaften und Bestimmung deren Wichtigkeit) sowie mit Methoden der Qualimetrie die warenkundliche Einschätzung der Eigenschaften von GBP mit dem Ziel durchzuführen, deren Konsumentenwert zu erfassen und danach die Schlussfolgerungen zu den Trends in der Entwicklung des Trockenbaus zu ziehen.

Die Etappe der Produktion (E1) fassen wir breit zusammen – von der Herstellung der Ware in der Fabrik bis zur Lagerung dieser Produkte während des Verkaufs und, schließlich, bis zum Transport zu der Baustelle. Geringe Masse ist für die Produktion wegen Kosteneinsparung relevant, deshalb streben die Produzenten danach, das Gewicht der GBP zu minimisieren. So beträgt die Masse von 1 m² der gewöhnlichen 12,5 mm Platte bei den führenden Marktoperatoren ca. 8 kg (bei den Mitbewerbern – bis 10 kg). Diese Minimisierung hat eine natürliche Grenze – genormte Biegezugfestigkeit der GBP. Das Aussehen der Sichtseite von GBP ist beim Verkauf wichtig.

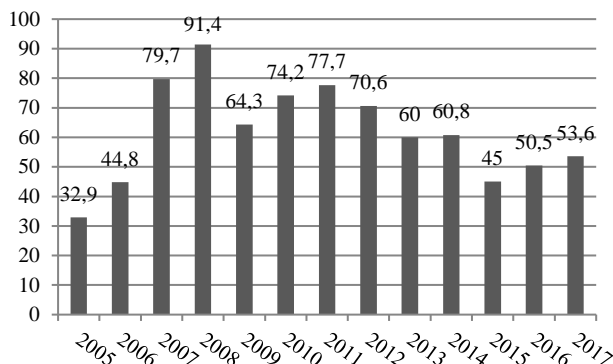


Diagramm 1. Der Markt von GBP in der Ukraine 2005 - 2017, (in Mio. m²)

Tabelle 1. Rangierung der Konsumeigenschaften von GBP

R	E1 Produktion	E2 Verwendung	E3 Nutzung
1	Geringe Masse	Biogsamkeit	Biegezugfestigkeit
2	Aussehen (Sichtseite)	Leichte Bearbeitungsart	Funktionalität
3	Abmessungen	Geringe Masse	Wasseraufnahme
4	Rechtwinkligkeit	Abmessungen	Feuerwiderstand
5	Ausführung der Kanten	Biegezugfestigkeit	Freisetzung geregelter Stoffe
6	Freisetzung geregelter Stoffe	Rechtwinkligkeit	Wasserdamfdurchlässigkeit
7	Biegezugfestigkeit	Aussehen (Sichtseite)	Stoßwiderstand
8	Biogsamkeit	Ausführung der Kanten	Luftschalldämmung
9	Funktionalität	Funktionalität	Wärmeleitfähigkeit
10	Wasseraufnahme	Feuerwiderstand	Ausführung der Kanten
11	Feuerwiderstand	Stoßwiderstand	Rechtwinkligkeit
12	Stoßwiderstand	Luftschalldämmung	Abmessungen
13	Luftschalldämmung	Wärmeleitfähigkeit	Biogsamkeit
14	Wärmeleitfähigkeit	Wasserdamfdurchlässigkeit	Geringe Masse
15	Wasserdamfdurchlässigkeit	Freisetzung geregelter Stoffe	Aussehen (Sichtseite)
16	Leichte Bearbeitungsart	Wasseraufnahme	Leichte Bearbeitungsart

In der Etappe der Verwendung von GBP (E 2) sind nach Experteneinschätzung deren Biogsamkeit sowie leichte Bearbeitungsart am wichtigsten. Das hängt damit zusammen, dass sich immer mehr Leute in der Ukraine bei der Renovierung oder beim Ausbau ihrer Häuser oder Wohnungen für sogenannte „Eurorenovierung“ entscheiden – ein Begriff für die GUS-Länder. Innenarchitekten bieten eine breite Palette der Lösungen für die Gestaltung der Räumlichkeiten an, die man relativ schnell und preisgünstig nur mit Hilfe der Trockenbauweise verwirklichen kann. Besonders beliebt sind Designdecken. Mit gut biegsamen GBP lassen sich verschiedenste Formen herstellen – von einfachen wellenförmigen

bis zu Gewölben (z.B. Tonnen-, Kloster-, Mulden-, Spiegel-, Kreuz-, Kuppelgewölben u. a. m.). Solche Arbeiten bedürfen bestimmter Ausbildung und Kompetenz der Monteure sowie der GBP, die leicht zu bearbeiten sind. Harte, schlecht biegsame und schwere Platten passen zur Ausführung solcher Arbeiten nicht.

In der Etappe der Nutzung der GBP (E 3) spielen die Festigkeit und die Funktionalität eine Rolle. Als die industriemäßige Gipsplattenproduktion nach dem 2. Weltkrieg in der Ukraine begann, hat die Trockenbauweise wegen schlechter Qualität der Baustoffe und nicht professionellen Ausführungsarbeiten einen schlechten Ruf bekommen. Deshalb

haben sich unsere Experten dafür entschieden, dass die Systeme in erster Linie stabil sein müssen. An der zweiten Stelle steht die Funktionalität – eine der wichtigsten Eigenschaften jeder Ware. In der letzten Zeit erschienen auf dem ukrainischen Markt GBP mit verbesserten funktionalen Eigenschaften. Führend auf diesem Gebiet ist Firma Knauf, die ihre Produkte mit besonderen Eigenschaften unter bestimmten Marken vermarktet. Neben feuerfesten Platten, die wegen Kartonummantelung zu der Baustoffklasse A2 (enthält brennbare Bestandteile) gehören, werden z.B. Platten Fireboard angeboten. Sie sind mit einem unbrennbaren Vlies aus Glaswolle ummantelt und gehören somit zu der Baustoffklasse A1 (enthält keine brennbaren Bestandteile). Neben wasserabweisenden Platten werden auch Platten Typ E angeboten, die durch ihre erhöhte Funktionalität auch zu Außenbeplankung eingesetzt werden können. Außerdem gibt es eine Reihe von Spezialplatten, die durch die Zugabe bestimmter Additive in den Gipskern sehr spezifische Eigenschaften aufweisen [4]. Dazu gehören unter anderen Hartgipsplatten Diamant, die sich durch einen besonders harten Kern und einen widerstandsfähigen Karton auszeichnen und in allen Bereichen des Innenausbau als Beplankung mit erhöhtem Schallschutz-, Brandschutz- und Festigkeitsanforderungen eingesetzt werden. Um mit Hilfe der Trockenbauweise moderne Kühl- und Heizdeckenkonstruktionen zu errichten, werden Platten Knauf Thermoboard angeboten, die über erhöhten Parameter der Wärmeleitfähigkeit verfügen. Zu den modernsten innovativen Baustoffen gehören bestimmt GBP Comfortboard, die eine klimaregulierende Funktion durch die Zugabe von mikroverkapseltem Latentwärmespeicher (Paraffinwachs) in den Plattenkern besitzen. Durch die Veränderung des Aggregatzustandes des Wachses (starr – flüssig) wird die überflüssige Wärme entweder gespeichert (Abkühlung) oder freigesetzt (Erwärmung der Räume). Als Alternative zu bleiblechkaschierten Platten zum Strahlenschutz wurden GBP Safeboard entwickelt. Sie ent-

halten in ihrem Gipskern das Salz Bariumsulfat ($BaSO_4$) und können deshalb in Bereichen mit Röntgenbelastung eingesetzt werden. Um die Gerüche in Räumen zu bekämpfen, wurden Platten mit einem synthetischen hydrophoben Zeolith im Gipskern geschaffen – Knauf Cleaneo. Gelochte Cleaneo-Platten werden als Cleaneo Akustik Decken bekannt – ein erneutes Beispiel der breiten kombinierbaren Funktionalität.

Schlussfolgerungen. Trockenbau entwickelte sich in der Ukraine ganz intensiv mit dem jährlichen Zuwachs von ca. 30% seit dem Anfang des Jahrhunderts. Man konnte inzwischen folgende Tendenzen feststellen. Erstens verringerte sich bei den führenden Produzenten die Masse der GBP ca. um 10 bis 15%. Als Resultat wuchsen zweitens die Biegsamkeit und die leichtere Verarbeitungsart der GBP, was zum intensiveren Einsatz von diesem Baustoff bei der Schaffung Designoberflächen im Ausbau der Gebäude beitrug. GBP wurden zum Lieblingsmaterial von Innenarchitekten in der Suche nach nichtwiederholbaren Formen. Drittens wuchs bzw. blieb auf normativ hohem Niveau die Biegezugfestigkeit der GBP als Hauptmerkmal hoher Qualität der Trockenbausysteme bei deren Nutzung in den Augen der Endverbraucher. Viertens vergrößerte sich das Sortiment der GBP. Anfang des Jahrhunderts waren auf ukrainischen Markt hauptsächlich vier bis fünf Plattenarten vertreten: gewöhnliche 9,5 und 12,5 mm dick, wasserabweisende, feuerfeste sowie wasserabweisende und feuerfeste in einem. Heute erschienen auf dem Markt nicht nur neue Arten der GBP nach den Abmessungen, sondern auch nach deren Funktionalität. Führend in der Schaffung neuer Produkte mit besonderer Funktionalität ist die deutsche Firma Knauf, die unter anderem folgende Platten anbietet: Diamant, Fireboard, Silentboard, Thermoboard, Comfortboard, Safeboard, Cleaneo u.a., die nach ihrem Verhalten als intelligente Baustoffe bezeichnet werden können.

ЛІТЕРАТУРА

1. Захарченко П.В. Довідник по ринку матеріалів для внутрішнього оздоблення та облаштування приміщень (за даними 2017 року). / П.В. Захарченко, О.М. Гавриш, В.Г. Соха та ін. КНУБА – К.: ФОП Сладкевич Б.А., 2018. – 252 с.
2. Tichelmann K., Pfau J., Becker K. Trockenbau Atlas. Grundlagen, Einsatzbereiche, Konstruktionen, Details. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH&Co. KG, Köln, 2004. – 342 S.
3. Wachs P. Brandschutz im Detail. Band 1 – Trockenbau. Feuertrutz GmbH Verlag für Brandschutzpubikationen, Köln, 2009. – 458 S.
4. Hummel, H.-U. Gipsplatten mit Mehrwert – auf dem Weg zum intelligenten Baustoff. Tagungsbericht der 19. Internationalen Baustofftagung IBAUSIL. Weimar, 2015. Band 1, S. 177 – 182.
5. Frikell E., Hofmann O., Schneider P. u.a. Das Trockenbau Handbuch. 6. Auflage. VOB – Verlag Ernst Vögel, Stamsried 2005. – 482 S.
6. EN 520. Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren. CEN, Brüssel, 2004. – 51 S.
7. Sachatschenko, P., Gavrisch, A., Onoprienko, W., Iwastschenko J. Baustoffmarkt der Ukraine. Moderne energieeffiziente Wandbaustoffe: Problemstellung und Forschung. S. Tagungsbericht der 19. Internationalen Baustofftagung IBAUSIL. Weimar, 2015. Band 2, S. 1491 – 1496.
8. Sachatschenko, P., Gavrisch, A., Iwastschenko, J. Die Faktoren, die die Formierung des Marktes von Gipstrockengemischen in der Ukraine beeinflussen // 3. Weimarer Gipstagung. Tagungsbericht. Bauhaus Universität Weimar, 2017. – S. 269 – 274.
9. Gavrisch, A., Sachatschenko, P., Iwastschenko, J. Warenkundliche Vergleichsanalyse von Gipstrockengemischen auf dem Markt der Ukraine. Tagungsbericht der 20. Internationalen Baustofftagung IBAUSIL. Weimar, 2018. Band 2, S. 1165 – 1171.

REFERENCES

1. Zakharchenko, P. V. Dovidnyk po rynku materialiv dlia vnutrishnnyogo oblashtuvannia ta ozdoblennia prymyshen (za danymy 2017 roku) [Reference book is on the market of materials for the internal finishing of apartments] / P.V. Zakharchenko, O.M.Gavrysh, V.G.Sokha ta in. – K.: FOP Sladkevich B.A., 2018. – 252 p.

Trends in drywall construction - from dry plaster to intelligent building material

P. V. Zakharchenko, O. M. Gavrysh, T. O. Kashchenko

Abstract. This article analyzes and assesses plasterboard from the point of view of modern consumer goods. First, the market of gypsum plasterboard in Ukraine was examined by volume, the share of export and import deliveries and the main operators. Thereafter, the consumer properties of gypsum plasterboard were recorded and ranked according to their weighting. At different stages of the lifecycle, this ranking varied significantly. Most important for the production of plasterboard are low mass and the external appearance of the goods. For the stage of application, flexibility and ease of processing are relevant and for use - functionality and strength. Such estimation according to the consumer value of the commodity makes possible statements concerning the tendencies of the further development of the dry-goods market.

Keywords: Drywall, Plasterboard, Commodity, Consumer Properties, Consumer Value, Life Cycle.

BIOLOGY

Тигмоморфогенез *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. та його індикаційне значення

С. С. Руденко, Т. В. Морозова

Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича
Corresponding author. E-mail: rudenko.prof.eco@gmail.com, t.morozova@chnu.edu.ua

Paper received 30.11.18; Accepted for publication 08.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-03>

Анотація. На рослини постійно впливають механічні збурення в природному середовищі, в результаті чого для акліматизації росту, розмноження і навіть виживання необхідні своєчасні реакції-відповіді. Сукупність реакцій росту і розвитку рослин на механічну стимуляцію отримала назву тигмоморфогенез. Встановлено, що *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. виявляє тигмоморфогенез у відповідь на вітрове навантаження. При цьому за дії односпрямованого вітру формуються прапороподібні біоморфи, а за дії різноспрямованого – звивисті. Виявлені біоморфи запропоновано розглядати як проксі-міру здатності антропогенно трансформованих екотопів до самоочищення атмосфери.

Ключові слова: тигмоморфогенез, різьника Таля, біоморфи, вітер, механічна стимуляція, самоочищення атмосфери.

Вступ. У природі рослини опиняються під впливом ураганних вітрів, мусонних дощів, нападів травоядних та багатьох інших суворих механічних збурень, які можуть загрожувати їх виживанню. Як наслідок, протягом багатьох років еволюції рослини розробили дуже чутливі механізми, за допомогою яких вони можуть сприймати і реагувати навіть на тонкі механічні стимули. Деякі рослини поведінково реагують на сенсорний стимул протягом декількох секунд, а інші показують морфогенетичні зміни протягом тривалих періодів часу, починаючи від днів до тижнів [1].

Сьогодні відбувається відтворення інтересу до механічних подразників як дуже важливих сигналів для контролю росту та морфогенезу рослин [2].

Сукупність реакцій росту і розвитку рослин на механічну стимуляцію отримала назву тигмоморфогенез [3]. Тигмоморфогенез – широко розповсюджений та адаптивний тип фенотипової пластичності. F. Böhrke та T. Rocksch [4] зазначають, що здатність рослин відчувати та реагувати на механічні стимули слугує адаптивною рисою, пов'язаною з підвищенням фізичної стійкості в багатьох середовищних умовах. Механічна стимуляція в природі виникає, наприклад, через вітер, дощ, сусідні рослини або хижацькі тварини та індукує ряд морфогенних реакцій, які підсумовані під терміном тигмоморфогенез. Різні сигнальні молекули та фітогормони, включаючи внутрішньоклітинний кальцій, жасмонати, етилен, абсцизову кислоту, ауксин, брасиностероїди, оксид азоту та реактивні види кисню, беруть участь в забезпеченні тигмоморфогенезу [3, 5].

Огляд публікацій за темою. Тигмоморфогенез був зареєстрований та детально досліджений у таких трав'яних рослин як *Zea mays* (A.M. Goodman, A.R. Ennos, 1998) [6], *Helianthus annuus* (V.C. Smith, A.R. Ennos, 2003) [7], *Solanum lycopersicum* (C. Coutand et al., 2000) [8], *Nicotiana tabacum* (N.P.R. Anten et al., 2005) [9] та *Phaseolus vulgaris* (M.J. Jaffe et al., 1984) [10]. Вагомий внесок у дослідження тигмоморфогенезу деревних рослин зробив F.W. Telewski із співав. (1986, 1998) [11-13].

Рядом авторів показано, що місцевий вітровий ре-

жим (частота, величина, тривалість, напрямок, сезонність) може впливати на закономірності росту рослин (N. P. R. Anten et al., 2010; F.-K. Holtmeier and G. Broll, 2010; B. Gardiner et al., 2016) [14-16]. Асиметрія дерев, що піддаються впливу сильних вітрів, може виникати внаслідок фізичного пошкодження або асиметричного росту, який зумовлений зміною біомеханічних властивостей деревини під впливом цього навантаження (F. Telewski, 2012, V. Bonnesoeur et al., 2016) [17, 18].

Рослини переважно ростуть у напрямку панівного вітру з відмиранням або опаданням листя на навітряній стороні (S. W. Morgan et al., 2010) [19]. Особливо сильний вплив вітру на альпійські трав'яні рослини, натомість деревна рослинність, що піддається сильним вітрам, обмежена нижчими висотами на схилах (J. Wagemann et al., 2015) [20]. Змінюючи моделі росту, рослини адаптуються до їх середовища, що дозволяє їм продовжувати життя в умовах впливу механічних стимулів [21]. З найраніших досліджень цього явища відомо, що різні види реагують по-різному на механічне збурення (M.J. Jaffe et al., 1984; N.L. Biddington, 1986) [22, 23] і розвивають різну механічну архітектуру (T. Speck and N.P. Rowe, 1999) [24].

Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. демонструє помітну реакцію на механічну стимуляцію, яка була задокументована з погляду загальної морфології: поява кущових фенотипів та вкорочені осей суцвіть, черешків і міжвузлів (J. Braam and R.W. Davis, 1990; J. Braam, 2005; E.W. Chehab et al., 2009) [25-27].

Реакцію-відповідь на дощ, вітер, дотик, поранення або темряву в *A. thaliana* регулює щонайменше чотири сенсорних (ТСН) гени [28]. Від десяти до тридцяти хвилин після стимуляції рівень мРНК збільшується в 100 разів. Регулюючі властивості цієї родини генів у *A. thaliana*, пов'язані з кальмодуліном. Встановлено, що іони кальцію та кальмодулін беруть участь у трансдукції сигналів із навколишнього середовища, що дозволяє рослинам бути чутливими та реагувати на зміни навколишнього середовища. ТСН 1 кодує кальмодулін, який відрізняється однією амінокислотою від кальмодуліну з пшениці. Послідовні ділянки

TCH2 та TCH3 містять відповідно 44% та 70% амінокислот на калмодулін.

Встановлено, що вертикальні та самонесучі осі суцвіть *A. thaliana* спираються на смугу лігніфікованої екстраксиллярної міжпучкової тканини, яка пов'язана з тканинами ксилури (ксілеми та волокнами), що забезпечує їм загальну та механічну жорсткість [29]. Невдавні дослідження висвітлили можливу роль ауксину (С.А. Little et al., 2002) [30], а також генів, пов'язаних з диференціацією міжпучкових волокон у формуванні цієї тканини (R.Q. Zhong et al., 1997; R.Q. Zhong and Z.H. Ye, 1999) [31,32]. L. Jones et al., досліджуючи синтез целюлози та лігніну у *Arabidopsis* (2001)[33], також підтвердив важливість міжпучкових екстраксиллярних волокон для забезпечення механічної стійкості осей суцвіть.

Мета. Дослідити тигмоморфогенетичні реакції *A. thaliana* на вплив вітру як важливого чинника його відкритих місцезростань.

Матеріали та методи досліджень. Для дослідження використано гербарний матеріал Національного Гербарію Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW). Фотографії зроблені цифровим апарату

том Nikon 35-105mm.

Результати та їх обговорення. В Україні вплив місцевих природних умов на швидкість вітру виявляється у меншій мірі в зоні мішаних і широколистяних лісів, завдяки залісненості, та в більшій – в степовій та лісостеповій зонах.

Нами зафіксовано два типи біоморф, які є проявом тигмоморфогенезу *A. thaliana* на вплив вітру – звивиста та прапороподібна.

Звивиста форма характеризується звивистим стеблом та звивистими бічними гілками (рис.1). Вона функціонує по типу пружини під впливом вітру, що немає усталеного напрямку. Подібно до пружини ця біоморфа здатна поглинати, накопичувати і віддавати механічну енергію за рахунок своєї пружної деформації [34]. Адже пружина має необхідне поєднання механічної жорсткості та пружності. Механічна жорсткість – здатність пружного тіла, конструкції чи її елементів чинити опір деформуванню (змінюванню форми) від прикладеного зусилля. Отже, механічна жорсткість є одним із важливих факторів, що забезпечує збереження цілісності конструкції, а у даному випадку цілісності рослинного організму.

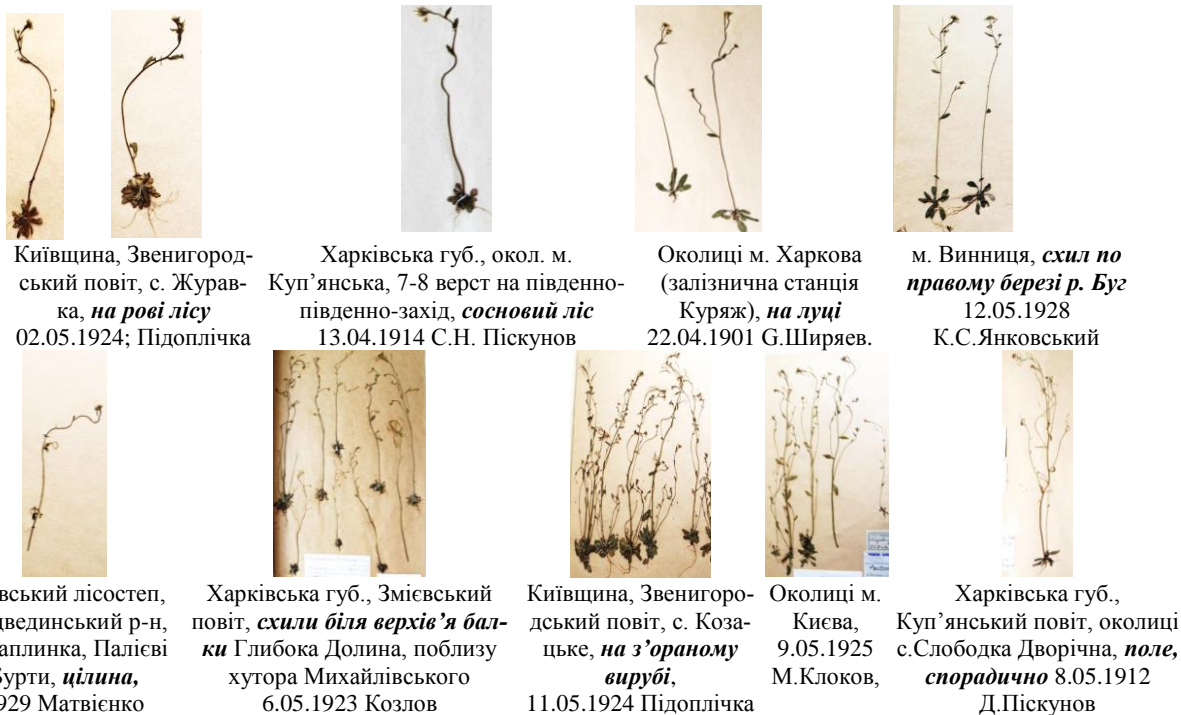


Рис. 1. Звивисті біоморфи *A. thaliana* як прояв тигмоморфогенезу під впливом різноспрямованого вітру

Завдяки звивистій формі рухи рослин нагадують періодичні коливання, які можна описати нелінійними хвильовими рівняннями. Так, О. Doagé зі співав. [35] запропонували модель руху з використанням рівняння розповсюдження хвилі в межах гомогенізованого безперервного середовища за імітації турбулентних поривів вітру. Ця модель походить від дискретної моделі набору рослинних пагонів, представлених як індивідуальні осцилятори, включаючи пружні контакти між пагонами (від лат. *oscillo* – гойдаюся). Система здійснює коливання, тобто її показники періодично повторюються в часі. Такі контакти автори описали нелінійними хвильовими рівняннями. Новий експериментальний метод вимірювання динамічних влас-

тивостей стебла та властивостей пружного зіткнення проілюстрований авторами на прикладі стебел люцери. Отримані результати моделюють рух рослин цього виду під впливом неспрямованих вітрових потоків.

Механічному значенню вигинів стовбура та його міжвидової мінливості присвячена стаття С. Coutand зі співав. [36]. Показано, що різноспрямоване вітрове збурення викликає численні вигини стовбурів рослин.

С. Paul-Victor, N. Rowe дослідили як механічне збурення впливає на розвиток механічних властивостей осей суцвіть *A. thaliana*. Вони встановили, що збурені рослини екотипу Columbia-0 *A. thaliana* не тільки набагато коротші, але й розвивають менш тверді сте-

бла, що складаються з менш твердого матеріалу [29]. На представлених нами екземплярах звивистих біоморф також видно, що бічні гілки рослин досить тонкі.

Прапороподібні біоморфи *A. thaliana* характеризуються формою витягнутою під впливом панівних вітрів у підвітряний бік (рис.2). Очевидно, такий тип тигмоморфогенезу виробляється у відповідь на вітер сильної потужності. Для деревних рослин показано, що крони дерев набувають «прапороподібної» форми в особливо вітряних місцях зростання (морські береги, гірські ущелини). Утворення таких форм викликано відмиранням бруньок з навітряного боку. За таких умов змінюється навіть будова стовбура, і деревина на зрізі приймає асиметричну будову [37]. В. П. Краснов зі співав. також зазначають, що однобокі (прапороподібні) крони формуються за впливу вітрів, що постійно дмуть в одному напрямку [38].



Харківська губ., Змієвський повіт, **Задонецький бор**, 6.05.1925 К. Волохов



Околиці м. Києва. Пуша Водиця, у **сосновому лісі** 03.05.1926 Є.Полонська



Харківська губ. Куп'янський повіт, с.Верхня Дуванка, **степ** 29.12.1925 М.Клоков



Уманщина **парк Софієвка** 04. 1897 Кашпіровський

Рис.2. Прапороподібні біоморфи *A. thaliana* як прояв тигмоморфогенезу під впливом односпрямованого вітру.

Приклади тигмоморфогенезу, що супроводжуються викривленнями та вигинами надземної частини більше описані для деревних рослин. Н.Н. Лашинський та Н.В. Лашинська описують явище сильного викривлення стовбурів берез у березовому криволіссі північної лісотундри Західного Сибіру [40]. А.Р. Ciešliński дає характеристику “Кривого лісу» в Польській Померанії, представленого вигнутими сосновими деревами [41]. А. Байцар розрізняє декілька типів верхньої межі лісу (ВМЛ), серед яких – вітрову [42]. Остання характерна як для букових, так і смерекових лісів. Вона формується на вітроударних, навітряних схилах і має фрагментарний характер. Для цієї межі особливо згубними є зимові вітри, які здувають із гребенів сніговий покрив, що захищає підріст, і переносять сніг на протилежні схили. Основними ознаками вітрової ВМЛ є наявність «прапороподібних» крон смерек, а також наявність криволісся бука, явора, горобини.

Деформація дерев і чагарників у вітряних середовищах використовується як індикатор переважаючого напрямку та швидкості вітру, що забезпечує корисну проксі-міру в районах, де відсутні метеорологічні дані, або де вітри можуть змінюватися через складну топографію (Y.Noguchi, 1979; G.L.Wooldridge et al., 1996) [43, 44]. На нашу думку, виявлені тигмоморфогенні біоморфи *A. thaliana* також можуть бути рекомендовані для цих цілей.

Як було зазначено вище, тигмоморфогенез

Інші автори підтверджують можливість формування різних фенотипових модулів під впливом вітру у рослин *A. thaliana*. Так, О. Bossdorf, М. Pigliucci дослідили генетичну варіацію тигмоморфогенезу всередині та між природними популяціями модельної системи *A. thaliana* [39]. Потомство з 17 європейських популяцій піддавалося трьом рівням механічного навантаження вітром. Найбільш цікавим виявилось те, що фенотипові риси були організовані відповідно до трьох коваріаційних модулів, пов'язаних з розміром рослини, фенологією та формою росту. Ці фенотипові модулі відрізнялися за їхньою чутливістю до вітру, ступенем генетичної мінливості, та тією мірою, в якій пластичність вплинула на фенотип. Автори дійшли висновку, що тигмоморфогенез цього виду розвивається квазі-самостійно в різних фенотипових модулях.

Трав'яних рослин під впливом вітру був описаний більше для сільськогосподарських культур, тому розглянутий нами приклад, спонукає до пошуку вітрово-го тигмоморфогенезу у інших трав'яних рослин в природних екосистемах.

A. thaliana належить до евгемеробів, тобто видів, які зростають в трансформованих екосистемах з постійним сильним антропогенним навантаженням. В. А. Барановський та П.Г. Шищенко основним критерієм самоочищення атмосфери в таких екосистемах вважають метеорологічний потенціал самоочищення атмосфери (МПСОА) [45]. У формулі для визначення цього показника вітер розглядається як імперативний чинник, що сприяє самоочищенню атмосфери та процесам розсіювання, натомість відсутність вітрів сприяє процесам накопичення шкідливих речовин. Отже, виявлення описаних нами тигмоморфологічних біоморф *A. thaliana* можна розглядати як проксі-міру, що засвідчує здатність антропогенно трансформованого екотопу до самоочищення атмосфери.

Висновки. Отже, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. виявляє тигмоморфогенез у відповідь на вітрове навантаження, тип якого залежить від характеру вітру. Односпрямований вітер стимулює утворення прапороподібних біоморф, а різноспрямований – звивистих. Зазначені біоморфи можуть бути застосовані для індикації потенціалу самоочищення атропогенно трансформованих екотопів, у яких зростає даний вид.

REFERENCES

- Emmanuel de Langre. Effects of Wind on Plants // Annual Review of Fluid Mechanics 40(1):141-168 January 2008. DOI: 10.1146/annurev.fluid.40.111406.102135
- Coutand, C. Mechanosensing and thigmomorphogenesis, a physiological and biomechanical point of view. Plant Science 2010 Vol.179 No.3 pp.168-182. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.059>
- Jaffe MJ. Thigmomorphogenesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation : With special reference to Bryonia dioica. Planta. 1973 Jun;114(2):143-57. DOI: 10.1007/BF00387472
- Frederik Börnke, Thorsten Rocks. Thigmomorphogenesis – Control of plant growth by mechanical stimulation //Scientia Horticulturae Volume 234, 14 April 2018, Pages 344-353. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.059>
- Chehab EW, Eich E, Braam J. Thigmomorphogenesis: a complex plant response to mechano-stimulation // Journal of Experimental Botany. 2009; 60: 43–56.
- Goodman AM, Ennos AR. Responses of the root systems of sunflower and maize to unidirectional stem flexure. Annals of Botany. 1998;82:347–357.
- Smith VC, Ennos AR. The effects of air flow and stem flexure on the mechanical and hydraulic properties of the stems of sunflowers *Helianthus annuus* L. Journal of Experimental Botany. 2003; 54:845–849.
- Coutand C, Julien JL, Moulia B, Mauget JC, Guitard D. Biomechanical study of the effect of a controlled bending on tomato stem elongation: global mechanical analysis. Journal of Experimental Botany. 2000; 51:1813–1824.
- Anten NPR, Casado-Garcia R, Nagashima H. Effects of mechanical stress and plant density on mechanical characteristics, growth, and lifetime reproduction of tobacco plants. American Naturalist. 2005; 166:650–660.
- Jaffe MJ, Telewski FW, Cooke PW. Thigmomorphogenesis: on the mechanical properties of mechanically perturbed bean plants. Physiologia Plantarum. 1984; 62:73–78.
- Telewski FW, Jaffe MJ. Thigmomorphogenesis: field and laboratory studies of *Abies fraseri* in response to wind and mechanical perturbation. Physiologia Plantarum. 1986a; 66 :211–218.
- Telewski FW, Jaffe MJ. Thigmomorphogenesis: the role of ethylene in the response of *Pinus taeda* and *Abies fraseri* to mechanical perturbation. Physiologia Plantarum. 1986b; 66:227–233.
- Telewski FW, Pruyn ML. Thigmomorphogenesis: a dose response to flexing in *Ulmus americana* seedlings. Tree Physiology. 1998; 18:65–68.
- Anten, N. P. R. , Alcalá-Herrera, R. , Schieving, F. , and Onoda, Y. ,2010: Wind and mechanical stimuli differentially affect leaf traits in *Plantago major*. *The New Phytologist*, 188: 554–64
- Holtmeier, F.-K. , and Broll, G. ,2010: Wind as an ecological agent at treelines in North America, the Alps, and the European Subarctic. *Physical Geography*, 31: 203–233
- Gardiner, B. , Berry, P. , and Moulia, B. , 2016: Review: wind impacts on plant growth, mechanics and damage. *Plant Science*, 245: doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.01.006>.
- Telewski, F. , 2012: Is windswept tree growth negative thigmotropism? // *Plant Science* , 184: 20–28.
- Bonnesoeur, V , Constant, T. ,Moulia, B. , and Fournier, M. ,2016: Forest trees filter chronic wind-signals to acclimate to high winds. *New Phytologist*, 210(3): doi:<http://dx.doi.org/10.1111/nph.13836>
- Morgan, S.W. , Kirkpatrick, J.B. , and di Folco, M.B. , 2010: Wind-controlled linear patterning and cyclic succession in Tasmanian *Sphagnum mires* // *Journal of Ecology*, 98: 583–591.
- Wagemann, J., Thies, B. Rollenbeck, R., Peters, T. and Bendix, J., 2015: Regionalization of wind-speed data to analyse tree-line wind conditions in the eastern Andes of southern Ecuador // *Erdkunde* , 69: 3–19.
- Catherine Coutand. Mechanosensing and thigmomorphogenesis, a physiological and biomechanical point of view//Plant Science. – Volume 179, Issue 3, September 2010, Pages 168-182. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.05.001>
- Jaffe MJ, Telewski FW, Cooke PW. Thigmomorphogenesis: on the mechanical properties of mechanically perturbed bean plants. Physiologia Plantarum. 1984;62:73–78.
- Biddington NL. The effects of mechanically-induced stress in plants – a review. Plant Growth Regulation. 1986;4:103–123.
- Speck T, Rowe NP. A quantitative approach for analytically defining size, growth form and habit in living and fossil plants. In: Kurmann MH, Hemsley AR, editors. The evolution of plant architecture. Kew: Royal Botanic Gardens; 1999. pp. 447–479.
- Braam J. In touch: plant responses to mechanical stimuli. New Phytologist. 2005;165:373–389.
- Braam J, Davis RW. Rain-, wind-, and touch-induced expression of calmodulin and calmodulin-related genes in *Arabidopsis*. Cell. 1990;60:357–364.
- Chehab EW, Eich E, Braam J. Thigmomorphogenesis: a complex plant response to mechano-stimulation. Journal of Experimental Botany. 2009; 60:43–56.
- Janet Braam, Ronald W. Davis. Rain-, wind-, and touch-induced expression of calmodulin and calmodulin-related genes in *Arabidopsis*. //Cell. February 09, 1990. Volume 60, Issue 3. 357-64.
- Cloé Paul-Victor and Nick Rowe. Effect of mechanical perturbation on the biomechanics, primary growth and secondary tissue development of inflorescence stems of *Arabidopsis thaliana* //Ann Bot. 2011 Feb; 107(2): 209–218. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3025729/>
- Little CHA, MacDonald JE, Olsson O. Involvement of indole-3-acetic acid in fascicular and interfascicular cambial growth and interfascicular extraxylary fiber differentiation in *Arabidopsis thaliana* inflorescence stems // International Journal of Plant Sciences. 2002;163:519–529.
- Zhong R, Taylor JJ, Ye Z-H. Disruption of interfascicular fiber differentiation in an *Arabidopsis* mutant. The Plant Cell. 1997; 9:2159–2170.
- Zhong RQ, Ye ZH. *IFL1*, a gene regulating interfascicular fiber differentiation in *Arabidopsis*, encodes a homeodomain-leucine zipper protein. The Plant Cell. 1999; 11:2139–2152.
- Jones L, Ennos AR, Turner SR. Cloning and characterization of *irregular xylem4 (irx4)*: a severely lignin-deficient mutant of *Arabidopsis* // The Plant Journal. 2001;26:205–216.
- ДСТУ 2262-93 Пружини. Терміни та визначення.//DSTU 2262-93 *Pruzhyny. Terminy ta vyznachennya*.
- Olivier Doaré, Emmanuel de Langre, B Moulia. Effect of Plant Interaction on Wind-Induced Crop Motion // Journal of Biomechanical Engineering 126(2):146-51 - May 2004.
- Catherine Coutand, Malia Chevolut, André Lacoïnte, Nick Rowe, and Ivan Scotti. Mechanosensing of stem bending and its interspecific variability in five neotropical rainforest species //Ann Bot. 2010 Feb; 105(2): 341–347.
- Березина Н.А. Экология растений: учеб, пособие для студ. высш. учеб, заведений. М.: Академия,2009// *Berezina N.A. Ekologiya rasteniy: ucheb, posobiye dlya stud. vyssh. ucheb, zavedeniy. M.: Akademiya,2009* <http://myzooplanet.ru/rasteniy-ekologiya/ekologiya-rasteniy-ucheb-posobie-dlya-stud.html>
- Краснов В. П., Шелест З. М., Давидова І. В. Фітоекологія з основами лісівництва: Навчальний посібник, Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. - 2014. - 393 с.//*Krasnov V. P., Shelest Z. M., Davydova I. V. Fitoekologiya z osnovamy lisivnytstva: Nav-*

- chal'nyy posibnyk, Kherson: OLDI-PLYUS. - 2014. - 393 s.
39. Oliver Bossdorf, Massimo Pigliucci. The plasticity to the wind is modular and genetically variable in *Arabidopsis thaliana* // *Evolutionary Ecology* 23(5):669-685 • September 2009. DOI: 10.1007/s10682-008-9263-3
 40. Лашинский Н. Н. Березовые криволеся северной лесотундры Западной Сибири [Электронный ресурс] / Н. Н. Лашинский, Н. В. Лашинская // *Растительный мир Азиатской России*, 2015, № 1(17), с. 39–44. – 2015. – Режим доступа до ресурсу// *Lashchinskiy N. N. Berezovyye krivoles'ya severnoy lesotundry Zapadnoy Sibiri [Yeletromniy resurs]* / N. N. Lashchinskiy, N. V. Lashchinskaya // *Rastitel'nyy mir Aziatskoy Rossii*, 2015, № 1(17), s. 39–44. – 2015. – *Rezhim dostupu do resursu:* <http://www.izdatgeo.ru/pdf/rast/2015-1/39.pdf>.
 41. Cieślński, Piotr (15 January 2014). "Kto odkryje tajemnicę Krzywego Lasu" (in Polish). *Wyborcza.pl*. Retrieved 15 January 2014.
 42. Байцар А. Типи верхньої межі лісу в Українських Карпатах // *Ландшафтознавство: стан, проблеми, перспективи: Матеріали міжнародної наукової конференції присвяченої 70-річчю заснування кафедри фізичної географії, 60-річчю діяльності Львівської школи ландшафтознавства, 110-річчю з дня народження професора К. І. Геренчука і 80-річчю з дня народження професора Г. П. Міллера (24-27 вересня 2014 р.). – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2014. – С.92-95*
 43. Yasuo Noguchi. Deformation of Trees in Hawaii and its Relation to Wind//*Journal of Ecology*. Vol. 67, No. 2 (Jul.,1979), pp.611-628
 44. Wooldridge, G.L., Musselman, R.C., Sommerfeld, R.A., Fox, D.G and Connell, B.H. (1996) Mean wind patterns and snow depths in an alpine-subalpine ecosystem as measured by damage to coniferous trees. *Journal of Applied Ecology* 33: 100-108.
 45. Барановський В. А., Шищенко П. Г. Картографування стійкості геосистем – новий напрям тематичного картографування // *Проблеми безперервної геогр. освіти і картографії* : зб. наук. праць. К.: ЗАТ «Інститут передових технологій», 2005. Вип. 5. – С. 10-15.// *Baranovskyy V. A., Shyshchenko P. H. Karto-hrafuvannya stiykosti heosystem – novyy napryam tematychnoho kartohrafuvannya* // *Problemy bezperervnoyi heohr. osvity i kartohrafiyi* : zb. nauk. prats'. K. : ZAT «Instytut peredovykh tekhnolohiy», 2005. Vyp. 5. – S. 10-15.

Thigmomorphogenesis *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. and it's importance of indication
S. S. Rudenko, T. V. Morozova

Abstract. Mechanical disturbances are constantly affecting by the plants in the natural environment. It's requires timely response-acclimatization, reproduction and even survival. The aggregate of the reactions of growth and development of plants to mechanical stimulation was called tigmomorphogenesis. Found that *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. detects tigmomorphogenesis in response to wind's load. At the same time, for the action of a unidirectional wind, flag-shaped biomorphs are formed, and in the a multidirectional - wriggling. The revealed biomorphs are proposed to be considered as a proxy measure of the ability of anthropogenically transformed ecotopes to self-purify the atmosphere.

Keywords: *tigmomorphogenesis, Arabidopsis thaliana, biomorphs, wind, mechanical stimulation, self-cleaning of the atmosphere.*

ECOLOGY

Продукція макрозообентосу водосховища Сасик (Україна) у сучасних умовах

А. А. Галкіна, Ю. М. Джуртубасєв, В. В. Заморов

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Corresponding author. E-mail: v.zamorov@onu.edu.ua

Paper received 13.12.18; Accepted for publication 20.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-04>

Анотація. Сасик – водосховище, яке розташоване у Татарбунарському районі Одеської області України; створене в чаші зв'язаного з морем лимана. Після відокремлення лимана від моря дамбою та з'єднання каналом з Дунаєм його макрозообентос придбав, головним чином, прісноводний характер. Мета роботи – визначити продукцію макрозообентоса водосховища у сучасних умовах. У 2013-2014 рр. зібрано та оброблено за стандартною методикою 160 якісних та кількісних проб макрозообентосу. Знайдено 78 видів, т. ч. комах – 38, ракоподібних – 20, по сім видів червоногих і двостулкових моллюсків, інших гідробіонтів по декілька видів. Середня по водосховищу чисельність макрозообентосу складала 7,29-11,40 тис.екз./м², середня біомаса – від 20,25 до 41,57 г/м². Продукція макрозообентосу коливалась від 2229,50 МДж/га (532,85 МКал/га) навесні 2014 р. до 4914,15 МДж/га (1174,48 МКал/га) влітку 2013 р. У 2014 р. на всій площі водойми вона досягала 242258 ГДж (57900 ГКал). Найбільший вклад у продукцію вносять хірономіди, моллюски *Cardiidae* та олігохети. В цілому, водосховище відповідає β-евтрофному – гіпертрофному типу.

Ключові слова: Водосховище Сасик, макрозообентос, кормова база.

Вступ. Сасик – водосховище, яке розташоване в Татарбунарському районі Одеської області України, створене за проектом Дунай–Дністровської зрошувальної системи в чаші морського лиману. Були споруджені дамба, що відокремила лиман від моря, і канал який з'єднав його з Соломоновим рукавом Кілійського гирла Дунаю. Дунайську воду в Сасик пустили самопливом у 1980 р. Зараз Сасик – водосховище з мінералізацією води 0,5-2,5 г/дм³. Екосистема водойми в наші дні знаходиться в пригніченому стані [2].

Донні угруповання водойми зазнали суттєвих змін, зокрема загинуло багато морських видів. Нова фауна водосховища за своїм складом різко відрізняється від минулої морської. Питання про сучасний стан донної макрофауни, макрозообентосу водосховища, стану кормової бази риб-бентофагів у цей час залишається відкритим і представляє значний теоретичний та практичний інтерес для регіональної гідробіології і екології.

Короткий огляд публікацій за темою. Відомості щодо зообентосу Сасику до відокремлення його від моря та з'єднання з Дунаєм наведені в роботах М. С. Бурнашова, В. С. Чепурнова, А. Г. Миндру [3], С. Б. Грінбарта [4], інших авторів. В цей час у донній і придонній фауні лиману домінували морські форми: поліхети *Nereis*, моллюски *Hydrobia*, ракоподібні *Balanus*, *Idotea*, ін. Влітку 1956 р. виявлено 25 видів макрозообентосу. Чисельність, в середньому, складала біля 20 тис.екз./м², біомаса – 143,0-248,0 г/м². Домінували моллюски та поліхети. Були виділені донні біоценози – *Abra*, *Brachiodontes*, *Cardium*, черепашика з *Mytilus*, заростей зостери *Zostera marina*, рдесника *Potamogeton pectinatus*. з *Idotea*; усі вони морського типу.

Влітку 1980 р., в першій рік опріснення, макрозообентос Сасику був представлений лише 18 таксонами, а його біомаса становила 12,0-14,0 г/м² при домінуванні *Chironomus plumosus* Linnaeus [8]. У 1982 р.

відзначено 71 таксон макрозообентосу, у тому числі 22 види і форми хірономід, 19 – ракоподібних [10]. У 1987 р. вже знайдено 126 таксонів, у тому числі 32 – личинок хірономід та 12 – олігохет [2]. Але у 2008-2009 рр. зареєстровано лише 64 види, з яких *Chironomidae* – 20 видів, *Oligochaeta* – 11, *Gammaridae* – 9. Чисельність макрозообентосу в цей час складала – 6,4-19,4 тис.екз./м², біомаса – 13,9-113,9 г/м². Висока чисельність була обумовлена, головним чином, олігохетами, біомаса – двостулковим моллюском *Dreissena polymorpha* (Pallas) та видами кумових раків *Cumacea* [9].

В харчових зв'язках масових видів риб Сасику різко домінує бентосний ланцюг. Основну роль в його живленні відігравали амфіподи, молодь моллюсків *D. polymorpha*, *Huypis laeviuscula fragilis* (Milachevitch), *Rhithropanopeus harrisi tridentata* (Maitland), личинки хірономід *Ch. plumosus* [11].

Мета. Визначити продукцію макрозообентосу водосховища Сасик.

Матеріали та методи. Сасик витягнутий у меридіональному напрямку на 29 км, його ширина складає від 3 до 12 км. На півночі в нього впадають маловодні мінералізовані (до 1400 мг/дм³) річки Когильник і Сарата. Їх води забруднені фосфатами, нітратами та нітритами, що обумовлює розвиток «гіперцвітіння» води водосховища [5]. Площа Сасику досягає 207,5 км², обсяг – 530 млн. м³. Середня глибина водойми становить – 1,9 м, найбільша – 3,5 м. Глибини менше 2,0 м складають 90 % акваторії водойми [12].

Матеріал зібрано у 2013-2014 рр. на 21 бентосній станції на літоралі та на 20 станціях у відкритій частині водойми. На літоралі проби відбирали на глибині 0,3-1,0 м, у відкритій частині – на глибині 1,0-3,2 м з човна. Використовували штанговий дночерпак (площа розкриття – 0,02 м²), шкребок з шириною захвату – 0,3 м, та гідробіологічний сачок трикутної форми з стороною 30 см. У літній період додатково викорис-

товували підводні нічні світлові пастки моделі Х. Хангерфорда. Всього зібрано та оброблено за стандартною методикою 160 якісних та кількісних проб макрозообентосу.

Розрахунок продуктивності макрозообентосу виконували за методикою [6]. Використані Р/В коефіцієнти: поліхети, олігохети – 3,7%; ракоподібні – 7,0; личинки мирних хірономід – 14,4; хижих хірономід – 24,5; молюски Dreissenidae – 3,3; Cardiidae – 4,0 [2]. Використані енергетичні еквіваленти організмів, які відомі з літератури [1].

Результати та їх обговорення. Нами виявлено 78 видів макрозообентосу: комах Insecta – 38, ракоподіб-

них Crustacea – 20, по сім видів червоногих Gastro-poda та двостулкових Bivalvia молюсків. Гідроїди Hydrozoa, поліхети Polychaeta, п'явки Hirudinea, мохуватки Ectoprocta, представлені 1-2 видами. Знайдених олігохет до виду не визначали. Домінували представники прісноводної та понто-каспійської реліктової фауни – 73 види. Також зареєстровано 5 морських видів. Чисельність макрозообентосу в середньому по водосховищу складала від 7,29 тис.екз./м² до 11,40 тис.екз./м²; біомаса – від 20,25 г/м² до 41,57 г/м² (табл.1).

1. Сезонна динаміка середніх показників чисельності та біомаси макрозообентосу водосховища Сасик у 2013-2014 рр.

Показники	2013 р.		2014 р.		
	серпень	жовтень	квітень	серпень	жовтень
Чисельність екз./м ²	9094 ± 455	7285 ± 364	7929 ± 396	10119 ± 506	11400 ± 570
Біомаса г/м ²	41,57 ± 2,08	30,71 ± 1,54	20,25 ± 1,01	38,00 ± 1,90	40,15 ± 2,00

У відкритій частині водойми кількісні показники макрозообентосу на порядок вище, ніж на літоралі. У відкритій частині за чисельністю домінував олігохетно-хірономідний комплекс (88 %), за біомасою – двостулкові молюски *H. laeviuscula fragilis* (62 % загальної біомаси). На літоралі водойми за чисельністю переважали кумові раки Cупасеа, хірономіди, олігохети та поліхети; за біомасою домінувала дрейсена.

За період досліджень, у 2013 р. сумарна продукція макрозообентосу склала близько 9484 МДж/га або

2267 Мкал/га; на всій площі водосховища – 199174 ГДж або 47603 ГКал. За вегетаційний період 2014 р. цей показник становив 11536 МДж/га або 2757 Мкал/га; на всій площі водосховища – 242258 ГДж або 57900 Гкал. Найбільший внесок в загальну продукцію належить хірономідам (66,0-70,0%), молюскам родини Cardiidae (18,0-20,0 %) та олігохетам (5,0-9,0 %). Більшість груп макрозообентосу навесні мають найменшу біомасу. Тому спостерігається відповідне зниження продукції (табл.2).

2. Продукція макрозообентосу водосховища Сасик у різні сезони

Продукція	2013 р.		2014 р.		
	серпень	жовтень	квітень	серпень	жовтень
МДж/га	4914,15	4570,34	2229,50	4777,52	4529,10
Мкал/га	1174,48	1092,31	532,85	1141,83	1082,45

Згідно за «шкалою трофності» С. П. Кітаєва [7], водосховище Сасик за біомасою макрозообентосу займає проміжне положення між «високим» і «дуже високим» класами продуктивності. Це дозволяє віднести водойму до β-евтрофного – гіпертрофного типу.

Висновки.

1. Протягом 2013-2014 рр. у водосховище Сасик виявлено 78 видів макрозообентосу; найбільш різноманітні комахи – 38 видів та ракоподібні – 20.

2. Чисельність макрозообентосу в середньому по водосховищу складає від 7,29 тис.екз./м² восени 2013 р. до 11,40 тис.екз./м² восени 2014 р.; біомаса –

від 20,25 г/м² навесні 2014 р. до 41,57 г/м² влітку 2013 р. За кількісними показниками макрозообентосу переважають олігохети, хірономіди, поліхети, кумові раки; за біомасою – двостулкові молюски.

3. Продукція макрозообентосу складає від 2229,5 МДж/га або 532,9 Мкал/га навесні 2014 р. до 4914,2 МДж/га або 1174,5 Мкал/га влітку 2013 р. На всій площі водосховища продукція макрозообентосу склала у 2013 р. 199174 ГДж або 47603 Гкал.; у 2014 р. – 242258 ГДж або 57900 Гкал. За кількісними показниками макрозообентосу водосховище можна віднести до β-евтрофного – гіпертрофного типу водойми.

ЛІТЕРАТУРА

- Алимов А. Ф. Функциональная экология пресноводных двусторчатых моллюсков – Л.: Наука. 1981. 248 с.
- Биопродуктивность и качество воды Сасыкского водохранилища в условиях его опреснения. Под ред. Л. П. Брагинского. Киев: Наукова думка, 1990. 350 с.
- Бурнашов М. С., Чепурнов В. С., Мындра А. Г. Материалы по зообентосу лимана Сасык // Учёные записки Кишинёвского госуниверситета, 1958. 32. С. 73-89.
- Гринбарт С. Б. К изучению зообентоса лимана Сасык // Научный ежегодник биол. факультета Одесского университета, 1960. 2. С. 144-148.
- Екологічний паспорт регіону. Одеська область. Одеса, 2009. 155 с.
- Заморов В. В., Джуртубаев М. М., Леончик Є. Ю. Оцінка рибопродуктивності придунайських озер за станом макрозообентосу. Одеса: Видавництво Одеський національний університет, 2012. 48 с.
- Катаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
- Левина О. В. Донная фауна лимана в первый год после его реконструкции // Создание естественной кормовой базы для повышения продуктивности рыбоводства. Всесоюзная конф. Тезисы докладов. М.: ВНИИПРХ, 1984. С. 196-198.
- Ляшенко А. В., Зорина-Сахарова Е. Е., Маковский В. В., Санжак Ю. О., Процепова В. Н. Структурно-функциональная характеристика макрозообентоса и рыбопродуктивность Сасыкского водохранилища // Рыбогосподарська наука України, 2010. 2. С. 60-66.

10. Степаненко Н. М. Формирование зообентоса лимана Сасык в процессе его гидротехнических преобразований // Гидробиологический журнал, 1986. Т. 22, №1. С. 66-70.
11. Халаим А. А., Заморов В. В. Питание бычка-песочника *Neogobius fluviatilis* Сасыкского водохранилища в весенний период // Сучасні проблеми теоретичної та практич-

- ної іхтіології: VII Міжнародна іхтіологічна наук.-практ. конф. (м. Мелітополь – м. Бердянськ 10-13 вересня, 2014 р.). Тези доповідей. Херсон: Грін Д. С., 2014. С. 241-245.
12. Швевс Г. І., Ігошин М. І. Каталог річок і водойм України. Одеса: Астропринт, 2003. 389 с.

REFERENCES

1. Alimov, A. F. Functional ecology of freshwater bivalve mollusks – L.: Science. 1981. 248 p.
2. Bioproductivity and water quality of the Sasyk reservoir in terms of its desalination. Ed. L.P. Braginsky. Kiev: Naukova Dumka, 1990. 350 p.
3. Burnashov M. S., Chepurinov V. S., Mindra A. G. Materials on the zoobenthos of the Sasyk estuary // Scientific notes of the Chisinau State University, 1958. 32. P. 73-89.
4. Grinbart S. B. To the study of zoobenthos of the Sasyk estuary // Scientific Yearbook Biol. Faculty of Odessa University, 1960. 2. P. 144-148.
5. Ecological passport to the region. Odessa area. Odessa, 2009. 155 p.
6. Zamorov V. V. Dzhurbutbaev M. M. Leonchik E. Yu. Estimation of fish productivity in the Danube lakes by the state of macrosobenthos. Odessa: Publishing house Odessa National University, 2012. 48 p.
7. Kataev S. P. Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists. Petrozavodsk: Karelian scientific center of the Russian Academy of Sciences, 2007. 395 p.
8. Levina O. V. The bottom fauna of the estuary in the first year after its reconstruction // Creation of a natural forage base for increasing the productivity of fish farming. All-Union Conf. Theses of reports. M.: VNIIPRH, 1984. P. 196-198.
9. Lyashenko A. V., Zorina-Sakharova E. E., Makovsky V. V., Sanzhak Yu. O., Protsepova V. N. Structural and functional characteristics of macrozoobenthos and fish productivity of the Sasyk reservoir // Fishery science of Ukraine, 2010. 2. P. 60-66.
10. Stepanenko N. M. Formation of zoobenthos of the Sasyk estuary in the process of its hydrotechnical transformations // Hydrobiological Journal, 1986. V. 22, №1. Pp. 66-70.
11. Khalaim A.A., Zamorov V.V. Nutrition of the *Neogobius fluviatilis* goblifish of the Sasyk reservoir in spring // Modern problems of theoretical and practical ichthyology: VII International Ichthyological Sciences. –Prekt. conf. (Melitopol – Berdyansk, september 10-13, 2014). Abstracts of reports. Kherson: Grin D. S., 2014. P. 241-245.
12. Schwabs G. I., Igoshin M. I. Catalog of rivers and reservoirs of Ukraine. Odessa: Astroprint, 2003. 389 p.

Production of macrozoobenthos of Sasyk reservoir (Ukraine) in modern conditions

A. A. Galkina, Yu. M. Dzhurtubayev, V. V. Zamorov

Abstract. Sasyk – reservoir located in the Tatarbunarsky district of the Odessa region; created in the bowl associated with the sea estuary. After isolating the estuary from the sea with a dam and connecting the channel with the Danube, its macrozoobenthos acquired mainly freshwater character. The purpose of the work is to determine the production of macrozoobenthos of the reservoir in modern conditions. In 2013-2014 years, 160 qualitative and quantitative samples of macrozoobenthos were collected and processed according to the standard procedure. Found 78 species: insects – 38, crustaceans – 20, seven species of gastropod and bivalve mollusks and other species. The average number of macrozoobenthos in the reservoir was 7,29-11,40 thous./m², the average biomass is from 20,25 to 41,57 g/m². The production of macrozoobenthos ranged from 2229,50 MJ/ha (532,85 Mcal/ha) in the spring of 2014 year to 4914,15 MJ/ha (1174,48 Mcal/ha) in the summer of 2013. In 2014, macrozoobenthos production on the entire area of the reservoir reached 242258 GJ (57900 Gcal). Chironomids, Cardiidae and oligochaetes make the greatest contribution to the products. In general, the reservoir corresponds to the β-eutrophic – hypertrophic type.

Keywords: Sasyk reservoir, macrozoobenthos, feed base.

Identification and risk analysis of environmental management system implementation projects in municipalities

N. Gurets

Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Corresponding author. E-mail: nata.gurets@gmail.com

Paper received 13.12.18; Accepted for publication 19.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-05>

Abstract. Timely analysis and consideration of risks in project management of the implementation of an environmental management system in municipalities increases the efficiency of project implementation. The risks of such projects are identified in the article. It has been demonstrated that risk events complicate the project management process. A qualitative and quantitative analyzes of the impact of risks on the implementation projects of the environmental management system in municipalities have been carried out. The groups of risks that have the most negative impact on the implementation of projects are defined and methods of their reduction are offered.

Keywords: risk, risk management, environmental management system, project management, municipality.

Introduction. One of the most characteristic features of the development of modern society is the rapid growth of cities, the continuous rate of increase in the number of their inhabitants and the transformation of rural areas into urban ones. This process, in turn, leads to environmental degradation on the territory of municipalities due to an increase in production capacity of new industries and the aggravation of their impact on nature; the increase in the volume of hazardous waste generation and the number of vehicles, which necessitates the implementation of the environmental management system (EMS) in municipalities.

The implementation of environmental management in municipalities is being carried out through the development and implementation of EMS projects. As a result of the implementation of such projects, the level of pollution by emissions and discharges of harmful substances is being reduced; there is an economy of energy and natural resources, and, accordingly, the funds of the organization; the state of the environment is improving; the "green" image of the organization is increasing; the relationships between different groups of local residents are improving. During the implementation of the EMS projects, there is a reorganization of the current structure of the local government, the redistribution of responsibility between different departments, which, in turn, can cause the occurrence of risky events of various kinds.

Overview of related publications. Modern project management methodology considers the risk in projects from the point of view of different approaches and classifications that are closely related to the peculiarities of the projects themselves. So, in the works of Druzhynin E. A. [4], a methodology for a risk-oriented approach to the management of project resources and technology development programs has been developed. Rach V.A. [10] considered risk in the development processes in the modern economy as a component of the danger-risk-crisis triad. Danchenko O.B. [2] studied the process of integrating well-known modern approaches to risk management into one process that would take into account the peculiarities of risk management in various methodologies. Gogunskyi V.D. [5] analyzed the risk management process in labor safety projects. McNeil A. J. studied the issues of risk management analysis, noting that its goal is to identify and estimate potential threats, and then choosing the appropriate method to reduce or eliminate hazards

[14]. In the works [1, 11], the authors substantiated the need for continuous analysis and control of risks in order to prevent and reduce their impact on the implementation of scientific projects and portfolios of projects of science-intensive enterprises. The study of issues of identification and risk assessment of investment projects is devoted to the works [6,7].

The analysis of the literature allows us to determine the general approaches to the interpretation of the concept of risk. Thus, according to the approach proposed by Nepomniashchii E. G. [9], the risk is the possibility of a certain danger, which negatively affects the results of the organization activities. Golubev D. I. [6] characterizes the risk as uncertainty related to the possibility of adverse situations and consequences occurring during the project implementation. Some authors interpret the risk as a component of a certain type of activity, which depends on factors of the external and internal environment, which can result in non-receipt of planned results, as well as their successful implementation.

EMS implementation projects in municipalities belong to organizational type projects with elements of communication projects. Regarding the risks of implementing organizational projects, Kostsyk R. S. [8] notes that they represent the probability of occurrence of a certain event, which can carry both negative and positive consequences, and is characterized by uncertainty, ambivalence and alternativeness of possible options when making organizational changes. According to N. Drahomyretska [4], the essence of the risk for communication projects is the possibility of deviation from the intended goal; in the absence of confidence in achieving the goal; expectation of danger, failure as a result of choosing an alternative and its implementation.

The purpose of the article is to identify risks specific to the EMS implementation projects, their quantitative and qualitative assessment, which will clearly determine the place of each risk in the overall system of risk factors and create prerequisites for the further effective application of appropriate risk management methods and techniques.

Materials and methods. For the first time, the project of implementation for environmental management system at the Mykolaiv City Executive Committee was implemented in 2000 (as part of the TACIS program for the implementation of environmental management stand-

ards). During the project implementation, the EMS was implemented in three divisions of the Mykolayiv City Executive Committee. Over the next ten years, EMS was gradually being introduced into the activities of other units. In addition, in accordance with the requirements of the environmental management standard, the process of continuous improvement of the system is ensured by annual internal audit. In the course of the study, the documentation of the implementation of the above-mentioned projects, the specialized documentation of the EMS were analyzed, and interviews were conducted with project managers and employees of the units in which the EMS operates. Data was also used on the results of the EMS implementation in the activities of the city government, namely, environmental indicators of the state of atmospheric air and surface water, the consumption of certain natural resources, data on the number of conflicts arising in land allotments for construction in green areas.

Results and its discussion. The EMS implementation project in the organization according to 14001:2015 [15] includes the development of environmental policy; planning of activities in accordance with the adopted policy and goals; implementing and functioning of the EMS; conducting inspections and corrective actions; conducting a management review to ensure continuous improvement of the EMS.

Environmental policy is the development and approval of environmental goals and objectives. When developing an environmental policy they based on the interests of stakeholders. They need to be clearly formulated and prioritized, taking into account all interests. This process is cyclical and it leads to the development of EMS. The planning process includes the following elements: the determination of environmental aspects; determination of relevant legal regulations and requirements to be met; determination of internal performance criteria; the establishment of target and planned environmental indicators, as well as the implementation of programs for their achievement. At the implementation and operation stage, the organization and implementation of the planned activities involving all personnel are carried out. The next stage should contribute to planning, controlling, monitoring, corrective actions, analysis and auditing in order to ensure that the EMS is consistent with its ongoing policy and support at the appropriate level. Conducting inspections and corrections allow the EMS to be able to change under the influence of circumstances. At the management review stage, the top management of the organization should analyze the EMS at intervals set by it in order to ensure the continuous improvement of the EMS, its adequacy and effectiveness.

In the course of the project implementation, the search is carried out for the correspondence between the key elements of the organization, such as structure, personnel, tasks, a system of solutions and incentives, culture and its strategy in achieving success, therefore, according to the nature and scope of work, such a project is of an organizational type. Such a project, especially for structurally complex organizations, is being developed in two stages: a draft design considers alternative reorganization options and a working draft, which is being developed in three stages. At the first stage, a new general structural scheme of the organization is formed, at the second – a new com-

position of the main units and relations between them is developed, at the third stage, the organizational structure is regulated.

Traditionally, risk management is aimed at managing known and unknown risk scenarios [11]. To avoid project failure, the risk management methodology involves the use of the following processes [13]: identifying risks, analyzing and assessing risks, responding to the occurrence of a risk event, applying risk reduction techniques, documenting risk management processes for further applying this knowledge. Risk management related with the implementation of the EMS implementation projects is a rather complicated process, especially given the very high degree of uncertainty. However, risk analysis of such projects and their systematization can already provide tools for risk management. There are two types of risk analysis that mutually complement each other: qualitative and quantitative ones. Qualitative risk analysis aims to identify factors, areas and types of risk. Quantitative analysis makes it possible to numerically determine the size of individual risks and the risk of the project as a whole. [2].

We will conduct a preliminary qualitative analysis of the risks of influence on the process of managing an EMS implementation project in a municipality. Based on the specifics of implementing the EMS implementation projects and the specifics of their management, the following risk groups can be distinguished: management risks, risks related to external stakeholders, economic risks, personnel risks, political, internal project and other risks.

Management risks are related to the project strategy mismatch, mismatch of the project team, deviations in information systems and internal control, management errors, insufficiency of financial resources, innovation, and problems with suppliers. Risks related to external stakeholders include risks caused by social tensions, lack of communication between stakeholders, the uncertainty of their goals, interests and behavior, the disinterest of the local community, the loss of local government reputation, and the risks of the contractor and the supplier. Economic risks are related to inflation, capital investment, the possibility of yield curve risk, crediting, direct financial losses, taxes and economic instability.

Personnel risks include the risk of conflict of interest, the risk of incompetence, the risk of lack of experience, the leadership risk, the risk of resistance to organizational changes, and the risk of loss of management support. Political risks are related to with the possibility of deterioration of the political situation, unfavorable social and political changes, unpredictable legislative changes, the occurrence of local conflicts and changes in the management of the local government. Internal project risks occur in the event of choosing the wrong project implementation technology, budget mismatch, disrupting of work plans, revealing of incompleteness or inaccuracy of project documentation, errors in project documentation, incomplete or inaccurate information about the financial status of project participants, changes the priorities in the enterprise development. Other risks include legal, environmental, information and force majeure risks.

The identified the risks of the EMS implementation project in municipalities are presented in the form of a cause-effect Ishikawa diagram [12] (Fig. 1.)

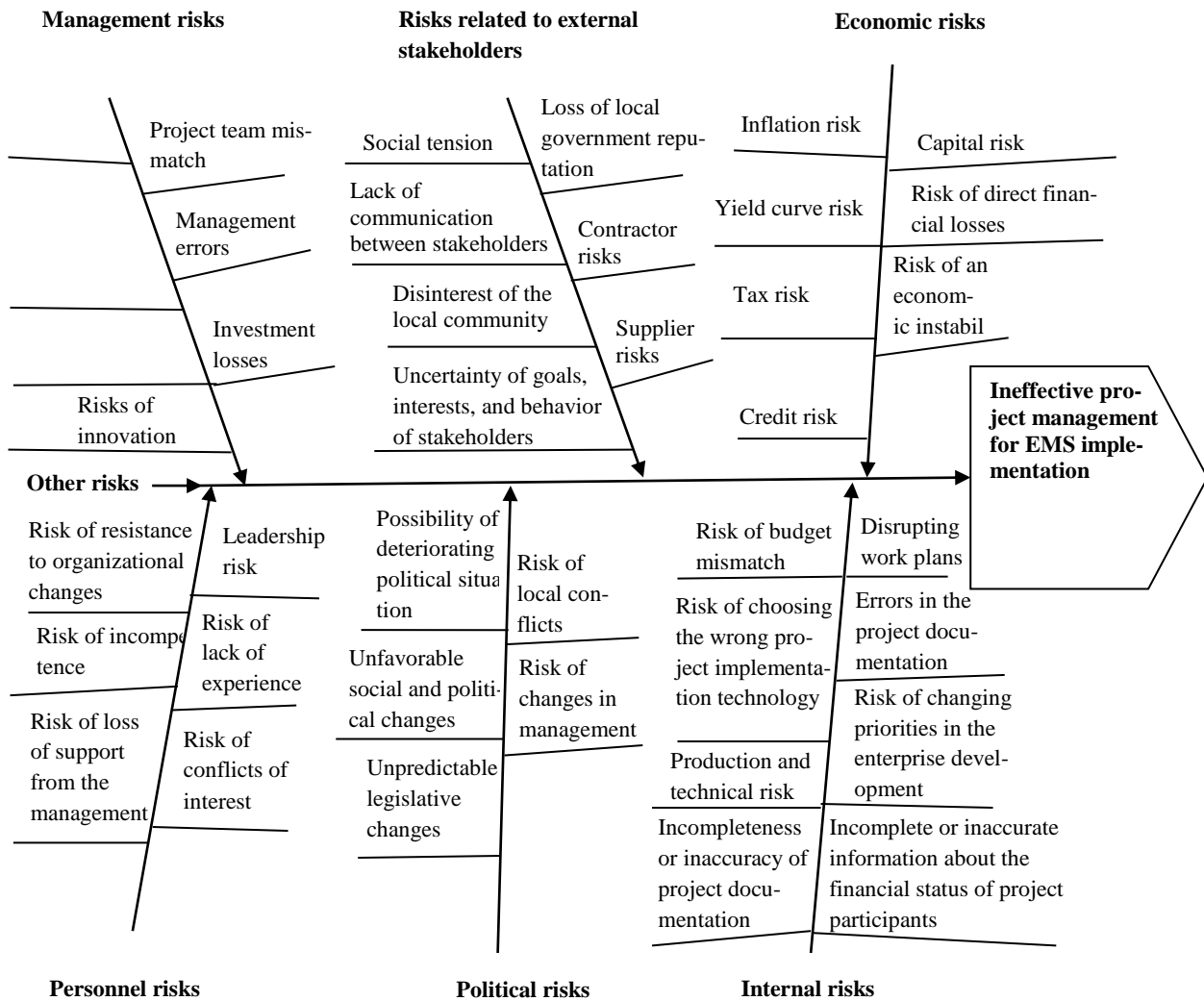


Fig.1. Ishikawa diagram "Risks of EMS implementation projects"

During the life cycle of the project, there should be a constant re-evaluation of risks [2,7,11]. During the qualitative risk assessment, the priorities of the identified risks are determined based on the probability of their occurrence, their impact on the achievement of project objectives in case of occurrence of these risks, and also taking into account a number of other factors (for example, the timeframe and risk tolerance that are contained in the project limits on cost, schedule, content and quality) [5,6,11]. In the presence of planned operations, the implementation of which is very tied to the definition of time intervals and exposed to risk, the degree of importance of risk increases repeatedly.

The qualitative risk assessment is subject to clarification at all stages of the project implementation and should reflect all changes related to the risks of the EMS implementation projects. Risks that may arise in the process of planning and implementing EMS implementation projects have a different possibility of occurrence, therefore, they can be ranked at low, medium and high levels, and the probability of their occurrence depends on the stage of project implementation. The summary of results for the qualitative risk assessment will be presented in the form of a risk identification matrix when implementing the EMS implementation projects in accordance with the

project implementation stage (Table 1).

As a result of qualitative project assessment, a quantitative risk assessment can be carried out to determine the range of possible consequences of the risks for EMS implementation projects. It is mainly concerned with determining which risk events require reaction-responses [2, 10]. We will conduct a quantitative risk assessment using a statistical method. Based on statistical data on the implementation of the EMS implementation projects and the conducting of relevant environmental audits in the Executive Committee of the Mykolaiv City Council from 2000–2017, the information was obtained about the average probability of occurrence of risks and their impact (average) on project implementation. The assessment of the importance of risks, that is, the priority for processing is carried out using the probability matrix, so for the identified risks presented in the table, we construct a probability matrix (Table 2).

Thus, there is a high probability that the risk groups such as management risks, risks related to external stakeholders, personnel, political and informational risks that require further management arise in the implementation process of the EMS implementation projects. In the system of risk management techniques of the organization, the main role belongs to the risk reduction methods.

Table 1. – Matrix of risk identification in the implementation of EMS implementation projects in accordance with the project implementation stage.

Risk name	Risk rating	Stages of implementation of EMS implementation projects in organizations				
		Environmental Policy Development	Planning	Implementation and operation	Checking and Corrective Actions	Management review
1	2	3	4	5	6	7
Management risks						
1. Strategy mismatch	High	+				
2. Project team mismatch	High		+	+	+	+
3. Deviation in information systems and internal control	High			+	+	+
5. Management errors	High	+		+	+	+
6. Insufficiency of financial resources	Medium		+	+		
7. Risks of innovation	High		+	+		
8. Investment losses	High		+	+		
Risks related to external stakeholders						
9. Social tension	High	+	+		+	+
10. Lack of communication between stakeholders	High	+	+		+	+
11. Disinterest of the local community	High	+	+		+	+
12. Uncertainty of goals, interests, and behavior of stakeholders	High	+	+		+	+
13. Loss of local government reputation	High	+	+		+	+
14. Contractor Risks	Medium		+	+		
15. Supplier risks	Medium		+	+		
Economic risks						
16. Inflation risk	Medium	+	+	+		
17. Capital Risk	Medium	+	+	+		
18. Yield curve risk	Low		+	+		
19. Credit risk	Medium		+	+		
20. Risk of direct financial losses	Medium		+	+		
21. Tax risk	Low					
22. Risk of an economic instability	Medium		+	+		
Personnel risks						
23. Risk of conflicts of interest	High	+	+	+	+	+
24. Risk of incompetence	High	+	+	+	+	+
25. Risk of lack of experience	High	+	+	+	+	+
26. Leadership risk	High	+	+	+	+	+
27. Risk of resistance to organizational changes	High	+	+	+	+	+
28. Risk of loss of support from the management	High	+	+	+	+	+
Political risks						
29. Possibility of deteriorating political situation	Medium	+	+	+	+	+
30. Unfavorable social and political changes	High	+	+	+	+	+
31. Risk of changes in management	High	+	+	+	+	+
32. Unpredictable legislative changes	High	+	+	+	+	+
33. Risk of local conflicts	Medium	+	+	+	+	+
Internal project risks						
34. Risk of budget mismatch	High		+	+		
35. Risk of choosing the wrong project implementation technology	High	+	+	+	+	+
36. Disrupting work plans	High			+	+	+
37. Incompleteness or inaccuracy of project documentation	High			+	+	+
38. Errors in the project documentation	High			+	+	+
39. Production and technical risk	Low			+	+	+
40. Risk of changing priorities in the enterprise development	Medium	+	+	+	+	+
41. Incomplete or inaccurate information about the financial status of project participants	High	+	+	+		
Other risks						
42. Legal risk	Medium	+	+	+	+	+
43. Environmental risk	Medium			+	+	+
44. Information risk	High	+	+	+	+	+
45. Force majeure risk	Medium			+		

Table 2. – Matrix of probabilities of occurrence of risks for EMS implementation projects

Average probability of occurrence (0,0÷1,0)	Averaged impact on project implementation (0,0÷1,0)				
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
0,8÷1,0					
0,6÷0,8			12, 21, 28, 36	1, 2, 30, 31, 34	
0,4÷0,6		13, 14, 33, 39	25, 35, 40, 42	9, 23, 24, 43	10, 11, 22, 26
0,2÷0,4		6, 7, 15, 18, 44	8, 20, 32	29, 31, 27, 37	
0,0÷0,2	17, 20, 38	5, 16, 19, 41	3, 4, 29		

Where:

	– high risk zone
	– moderate risk zone
	– low risk zone

For EMS implementation projects that are part of organizational projects, the most effective risk reduction methods are risk distribution between project participants, fund reservation or self-insurance, and improving management efficiency. The risk distribution is being carried out in the course of preparation of the project plan and contract documents. For the quantitative distribution of risks in projects, a model based on the "decision tree" can be used. At the same time, each participant performs the planned amount of work and bears the corresponding share of risk in case of non-fulfillment of the project.

Conclusions. The results of the study showed that risk

events complicate the project management process, and therefore, risk management tools and their implications are needed. The identified risks of EMS implementation projects can be divided into six groups. The qualitative and quantitative analyzes of the impact of risks on EMS implementation projects have shown that such projects are characterized by a high probability of occurrence of such groups of risks as management risks; risks related to external stakeholders; personnel risks; political and information risks. The proposed risk management measures can significantly reduce the risks of EMS implementation projects.

REFERENCES

- Danchenko, O. B.; Bedrii, D. I.; Semko, I. B. Identification of personnel risks of scientific projects // Project Management and Production Development, 2017. No. 4 (64). P. 18-24.
- Danchenko, O. B. Review of modern risk management methodologies in projects // Project Management and Production Development, 2014. No. 1 (49). P. 16-25.
- Dragomiretska, N. Composition of risk management in communication projects // Education of the Region: Political Science, Psychology, Communication, 2009. No. 1 P. 139-144.
- Druzhynin, E. A. Mathematical support of information technology for the integration of processes when planning projects, taking into account the influence of risk factors // Project Management and Production Development, 2014, No. 2 (50). P. 42-48.
- Gogunskiy, V. D.; Chergnega, Yu.S. Risk Management in Occupational Safety Projects as a Method for Elimination of Harmful and Dangerous Working Conditions // East European Journal of Advanced Technologies, 2013. No. 1/10 (61). P. 83-85.
- Golubev, D. I. Features of risks and uncertainties in assessing the effectiveness of investment project management // Bulletin of the Zaporizhzhya National University, 2015. No. 2 (26). P. 17-26.
- Kadyrbaev, I. A. Theoretical issues of investment risk research, main features and classification // MIR (Modernization. Innovations. Development), 2016. Vol. 7. No. 3. P. 181–188.
- Kostsyk, R. S. Risks of the implementation of organizational changes: essence, classification and identification // Bulletin of the Lviv Polytechnic National University, 2010. No. 682: Management and Entrepreneurship in Ukraine: Stages of Development and Developmental Issues. - P. 65-71.
- Nepomnyashchii, E.G. Investment design, 2003. Taganrog, Russia. 262 p.
- Rach, V. A. "Danger / risk / crisis" as a triad essence of development processes in the modern economy// Project management and production development, 2013. No. 1. - P. 155-160.
- Savina, O. Yu.; Kharuta, V. S. Risk management for project portfolios of science-based enterprises // Bulletin of the National Transport University, 2018. - Is. 1 (40). P. 285-298.
- Logunova O. E. Application of the causal of Ishikawa diagram in reputation management // Scientific Research, 2015. № 1 p. 54-56.
- A Guide to the Project Management Body of Knowledge(PMBOK), Sixth edition, Project Management Institute, Pennsylvania, USA, 2017, 756 p.
- McNeil A. J.; Frey R.; Embrechts P., Risk Management, Concepts Techniques Tools, Princeton University Press, New Jersey, 2005.
- ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements with guidance for use, Third edition, 2015, 35 p.

Assessment of the soil conditions in the areas of excavation dumps in rock formations

O. Tverda, T. Hrebenuk, K. Tkachuk, V. Prokopenko

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Corresponding author. E-mail: tverdaya@ukr.net; t.hrebenuk07@gmail.com; kkttkk297@gmail.com; progrek@gmail.com

Paper received 06.12.18; Accepted for publication 15.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-06>

Abstract. With the help of the method of bioindication, the ambiguous effect of granite dumps on the bioparameters of different species was increased. With the help of experimental research on the soil biototoxicity using the "Growth Test" method a strong correlation between plant bioparameters and distance to the granite dump, and hence the concentration of dust in the soil. It was investigated that the soil in the territory where the population is intensively engaged in agriculture, has mutagenic properties and causes a violation of bioindicators that affects the state of ecological safety and is a source of a threat to the health of the population and the ecosystem in general.

Keywords: bioindicators, Growth Test, bioindication, natural environment.

Introduction. Around the granite quarries formed zones of negative impact on the environment. The activity of the mining enterprise affects both the state of the environment of the region as a whole, and the level of soil fertility, the content of harmful substances in agricultural crops grown on them [1-2].

Observation and monitoring of soil condition are usually carried out only with the help of physico-chemical analyzes, which determine the content of individual pollutants. However, these analyzes do not allow to assess the impact of pollutants on living organisms, including humans. Today, biological methods, in particular bioindication, are alternative in studying the soil conditions of adjoining territories of quarries. Bioindication allows to determine the joint biological activity of the influence of physical and chemical factors on the natural environment [3].

The basic principle of bioindication is the search for the indicator of the relevant factor or system that induces. The existence of certain relationships between events, the logic of assertions and the reliability of the facts does not yet mean the possibility and feasibility of using these data for indication. Each bioindicator has a critical level of information, beyond which it not only does not work, but can significantly confuse information and even distort it [4]. Therefore, for the reliability of the results of the study, the stage is important for choosing a test culture and for changing its livelihoods. To date, there is no data on the substantiation of the choice of plant test systems for phytotoxic evaluation of soils adjacent to the quarries of rocky rocks.

An important characteristic of any bioindicator is its reliability. There are many recommendations on the use of one or another type of plant for soil bioindication, but the only commonly used methods for assessing the reliability are not developed.

Research results. When selecting test organisms, it is essential to use biotest, most sensitive to the action of contaminating components. The second important requirement for a test organism is that the action of the toxin on it must necessarily cause an adverse reaction of the organism. In addition, test organisms within a single study should be visually identical. This means that for bioindividual plants, compulsory calibration of the seeds by weight and size is required. Bioindicators are not suitable for organisms damaged by diseases, pests and parasites. [5-6].

In the scientific literature, examples of the use of various plant test objects for phytotoxic assessment of soil condition are given [7]. Taking into account the above mentioned requirements for indicator plants and the analysis of data of

literary sources, the most common types of soil indicator plants in the territories of granite quarries in Ukraine (Zhytomyr and Kyiv region) are identified, namely: radish seedlings (*Raphanus sativus* var. *Radicula* Pers.), Lettuce (*Lepidium sativum* L.), onion (*Allium cepa* L.), wheat (*Triticum sativum*) and peas (*Pisum sativum*).

The choice of test organisms for the study of the influence of granite quarries on the soils of adjacent territories was based on the presence of a sensitive test-response to the change in the concentration of pollutants in the studied soils (Cr, U, Th, Zn), structural and functional characteristics of bioindicators (Table 1).

To accomplish the task, a hierarchy analysis method was used which allowed selecting the most optimal test organism [8-9]. Each test organism (P) has a parameter value (H). The ball system evaluated the relative importance of each parameter for each of the test plants (Table 2).

Table 1 - Parameters of tested test organisms [10,11]

Test plant	Parameter				
	Period of ontogenesis, days	Biological productivity, c/ha	Sensitive test-reaction to a chemical element		
			Cr	U/Th	Zn
Radish	25-45	110 ± 10,5	-	+	-
Watercress	15-20	10 ± 1,2	+	+	+
Onions	12-16*	13,6 ± 0,9	+	+	+
Wheat	20-24*	32,6 ± 10,2	+	-	+
Peas	65-85	35,83 ± 1,07	+	-	+

* - 1 and 2 periods of ontogenesis are taken, which is sufficient for bioindication

The calculation of the relative importance of the parameters of the test plants during the soil bioindication is performed. In order to compare the parameters of the test plants and determine the most appropriate test system for assessing the soil state of the adjacent dumps, the corresponding matrices of analysis were compiled [12].

The general importance of test organisms for studying the influence of granite quarries on soils is calculated as follows.:

$$N_i = M_i^1 \times M_0^1 + M_i^2 \times M_0^2 + M_i^3 \times M_0^3 + M_i^4 \times M_0^4 + M_i^5 \times M_0^5$$

and is: $N_1=0,1716$; $N_2=0,203$; $N_3=0,2117$; $N_4=0,1875$; $N_5=0,1846$.

The results of calculating the importance of test organisms using the hierarchy analysis method indicate that the most optimal plant test system for studying the influence of granite quarries on the ecological condition of the soils of adjoining territories is onion bulb (*Allium cepa* L.).

Table 2 - Matrix of logical comparison of parameters of test plants [12]

Test plant	Parameter				
	Period of ontogenesis, days (H1)	Biological productivity, c/ha (H2)	Sensitive test-reaction to a chemical element		
			Cr (H3)	U/Th (H4)	Zn (H5)
	$a_0^1 = 2$	$a_0^2 = 1$	$a_0^3 = 3$	$a_0^4 = 5$	$a_0^5 = 4$
Radish (P1)	$a_1^1 = 2$	$a_1^2 = 5$	$a_1^3 = 1$	$a_1^4 = 3$	$a_1^5 = 1$
Watercress (P2)	$a_2^1 = 4$	$a_2^2 = 1$	$a_2^3 = 4$	$a_2^4 = 5$	$a_2^5 = 3$
Onions (P3)	$a_3^1 = 5$	$a_3^2 = 2$	$a_3^3 = 5$	$a_3^4 = 4$	$a_3^5 = 5$
Wheat (P4)	$a_4^1 = 3$	$a_4^2 = 3$	$a_4^3 = 3$	$a_4^4 = 1$	$a_4^5 = 4$
Peas (P5)	$a_5^1 = 1$	$a_5^2 = 4$	$a_5^3 = 2$	$a_5^4 = 2$	$a_5^5 = 2$

However, to get a more accurate and objective assessment, it is worth using a few different test objects. Taking

into account the calculated levels of importance of test organisms, it is suggested to use additionally the cream salad (*Lepidium sativum* L.) and wheat (*Triticum* L.) [12].

An assessment of the biotoxicity of the soils of the territories adjacent to the granite dump was performed according to the method of the "Growth Test" [13]. Sprouting of test cultures was carried out in Petri dishes. For the study, samples of the soil of the territories adjoining the Rokitnyansky granite quarry were selected at 4 points at different distances to the granite dump [14]. Initially, the samples under test and the soil sample were dried to air-dry state, sifted and ground. In each of Petri's cups, they placed a sheet of filter paper, which was filled and evenly distributed 1 g of the prepared mass, added 5-7 ml of water and sown on 30 seeds of the indicator plant. The experiment lasted 96 hours at a temperature of + 24-28° C. The results of germination of onion, lettuce, and wheat are given in Fig. 1

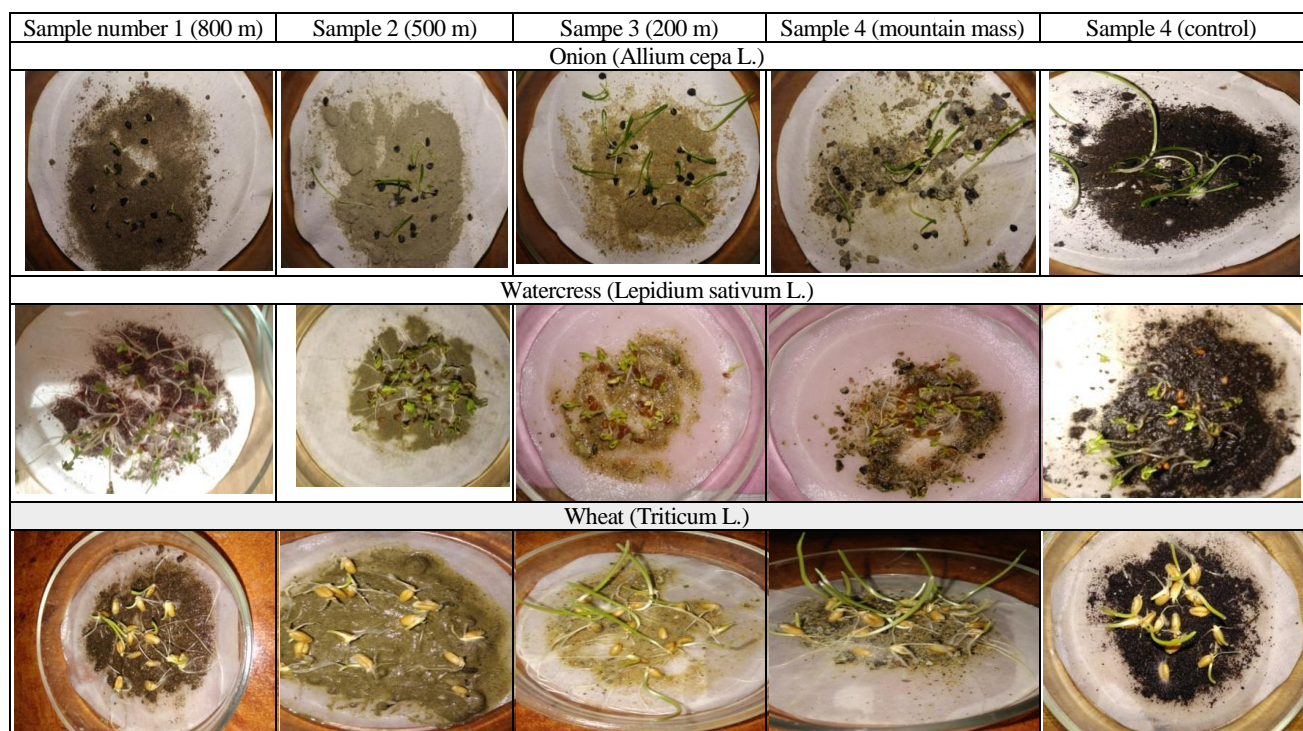


Figure 1 - Germination of onion, lettuce and wheat for 96 hours of experiment

After the experiment, the plants were carefully taken out of Petri's cups, measured the length of the root and stem systems. The results of measuring the growth indices of test plants are presented in Fig. 2. From Fig. 2 it is evident that the test-response of plants on the soil samples under investigation is significantly different. Test reaction onion (*Allium cepa* L.) and wheat (*Triticum* L.) tend to stimulate development with a decrease in the distance to the granite dump. In this case, for salmon (*Lepidium sativum* L.) is characterized by growth inhibition when approaching the dump. The obtained experimental data are processed by the method of dispersion analysis [15].

According to the results of the research, it was found that the length of the underground part of the crested-salad varies from 44.3 mm to 23.07 mm. At the same time, there is an increase in the inhibition of the growth of the root with a decrease in the distance to the waste heap. Absolutely opposite regularities were found for the bioparameters of onions of poppy and wheat, where there was a tendency to stimulate the growth of the root and stem in soil samples close to the dump. At the same time, a different test-response of these

bioindicators to the control sample of the soil should be noted. Thus, the average length of the root of the onion in the control sample was the highest value, while for the wheat, the lowest root length was recorded in the control soil. This can be explained by the fact that wheat belongs to a group of plants sensitive to high acidity of soils [16]. The soil used for control is characterized as weakly sour. In general, on the samples of soils selected on the territories adjacent to the granite dump (samples No.1 - No.4), the average length of the wheat root varies from 27,334 mm to 63,004 mm and the average length of the root of the onion is from 0,367 mm to 8,233 mm. Thus, the results of the study indicate an ambiguous effect of granite dumps on the bioparameters of different plant species [14].

The phytotoxic effect was calculated for the relative estimation of phytotoxicity of the soil samples under investigation for plant test systems.:

$$PhE = \frac{M_0 - M_x}{M_0} \times 100\%,$$

M_0 – the value of the bioparameter in the dishes with the control ground;

M_x – the value of a similar bioparametric in dishes with the soil breakdown surveyed.

Unresolved remains the definition of a component, the change in concentration of which stimulates growth in some plants and depresses in others. It is advisable to study the dependence of the response of plant bioindicators on the content of silicon (silicon) Si, since silicon in the form of silicates is the base of rock - granite. It has been established that silicon has a certain effect on plants and on soil fertility. Presumably, silica is a substance that is necessary for the energy growth of most plants, however, it often causes side effects.

Conclusions. It has been determined and grounded that in order to obtain the most complete and objective information about the ecological state of the soils adjacent to granite

dumps in the territories it is expedient to use a complex of bioindicative plant test organisms, namely onions of poppy seeds and cress salad. The recommended set of bioindicators will allow determining the cytogenetic effect of granite dumps on plant organisms that grow on adjacent soils. An assessment of the biotoxicity of the soils of the territories adjacent to the granite dump was performed according to the method of the "Growth Test". Test reaction onion and wheat tend to stimulate development with a decrease in the distance to the granite dump. In this case, for cress-salad - on the contrary. For the onion with the approach to the dump phytotoxic effect decreases, for salad – is rising, and for wheat it is completely absent.

LITERATURE

1. Хохряков В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. Москва: Недра, 1991.
2. Качурин Н. М., Беляя Л. А., Корчагина Т. В. Геоэкологический мониторинг и оценка воздействия на окружающую среду горнопромышленного региона. *Экология горного производства*. 2009. С. 33–37.
3. Бубнов А. Г., Буймова С. А., Гушчин А. А., Извекова Т. В. Биотестовый анализ - интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды. Иваново: ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2007.
4. Бешлей З. М., Бешлей С. В., Баранов В. И., Терек О. И. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2014. №1. С. 97–102.
5. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ: Наукова думка, 2012.
6. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О. П. Мелехова и др.. Москва: Академия, 2007.
7. Меженский В.Н. Растения-индикаторы. Москва: Сталкер, 2004.
8. Алексанян А. Г., Тверда О. Я. Оцінка стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації. *Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Гірництво"*. 2014. №24. С. 122–126.
9. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва: Радио и связь, 1989.
10. Попович В. В. Біоіндикація техногенних едафотопів Львівського міського сміттєзвалища з допомогою тесту на крес-салат. *Вісник ЛДУ БЖД*, 2016. №13. С. 107–111.
11. Тверда О. Я., Косяк І. В. Обґрунтування вибору рослинних тест-систем для оцінки токсичності ґрунтів прилеглих територій гранітних кар'єрів. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»*. 2017. №33. С. 69–77.
12. Тверда О. Я., Гребенюк Т. В., Косяк І. В. Біоіндикаційна оцінка токсичності ґрунтів територій прилеглих до відвалів гранітних кар'єрів. *East European Science Journal*. 2018. № 3(31). С. 4–10.
13. Про затвердження методичних рекомендацій "Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів": Наказ МОЗ від 13.03.2007 р. № 116. URL: http://old.moz.gov.ua/ua/portal/dn_20070313_116.html.
14. Тарасова В. В. Екологічна статистика. Київ: Центр навчальної літератури, 2008. 397 с.
15. Адаптивні системи землеробства: підручник. / В. П. Гудзь, І. А. Шувар, А. В. Юнік та ін. / ред. В. П. Гудзь. Київ: «Центр учбової літератури», 2014. 336 с. URL: http://culonline.com.ua/Books/adaptyvni_sys_zemlerob.pdf
16. Горова А., Кулина С. Оцінка токсичності ґрунтів червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту. *Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна*. 2008. Вип. 48. С. 189–194. URL: <http://prima.lnu.edu.ua/faculty/biologh/wis/48/7/23/23.pdf>

REFERENCES

1. Khokhryakov V.S. Open development of mineral deposits. Moscow: Nedra, 1991.
2. Kachurin N.M., Belaya L.A., Korchagina T.V. Geoecological monitoring and environmental impact assessment of the mining region. *Ecology of mining*. 2009. p. 33-37.
3. Bubnov A. G., Buimova S. A., Gushchin A. A., Izvekova T. V. Biotest analysis - integral method of estimation of the quality of objects of the environment. Ivanovo: GOU VPO Ivan. state chemical technology. Unt., 2007.
4. Beshlya Z. M., Besheli SV, Baranov V. I., Terek O. I. Use of plant test systems for evaluation of toxicity of technogenously contaminated substrates. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*. 2014. # 1. Pp. 97-102.
5. Didukh Y.P. Fundamentals of bioindication. Kyiv: Scientific Opinion, 2012.
6. Biological control of the environment: bioindication and biotesting / O. P. Melekhov and others. Moscow: Academy, 2007.
7. Mezheny V.N. Indicator Plants. Moscow: Stalker, 2004.
8. Aleksanyan A.G., Tverda O. Ya. Estimation of the atmospheric air condition by the method of lichenindication. *Bulletin of the NTUU "KPI". Series "Mining"*. 2014. №24. Pp. 122-126.
9. Saati TL Decision-making. Method of analysis of hierarchies. Moscow: Radio and Communications, 1989.
10. Popovich V.V. Bioindication of technogenic foodafotopes of the Lviv city dump using the test for cress salad. *Bulletin of LDU BZD*, 2016. No. 13. Pp. 107-111.
11. Tverda O. Ya., Kosyak IV Justification of the choice of plant test systems for assessing the toxicity of soils in the adjacent territories of granite quarries. *Bulletin of the NTUU "KPI". Series "Mining"*. 2017. No. 33. Pp. 69-77.
12. Tverda O. Ya., Grebenyuk T. V., Kosyak IV. Bioindicative estimation of soil toxicity in the territories adjacent to the dumps of granite quarries. *East European Science Journal*. 2018. No. 3 (31). Pp. 4-10.
13. On approval of methodological recommendations "Inspection and zoning of the territory by the degree of influence of anthropogenic factors on the state of the environment objects using cytogenetic methods": Order of the Ministry of Health of 13.03.2007, № 116. URL: http://old.moz.gov.ua/ua/portal/dn_20070313_116.html.
14. Tarasova V.V. Ecological statistics. Kyiv: Center for Educational Literature, 2008. 397 p.
15. Adaptive farming systems: a textbook. / V.P.Gudzy, I.A. Shuvar, A.V. Yunik and others. / ed. V. P. Gudzy. Kyiv: "Center for Educational Literature", 2014. 336 p. URL: http://culonline.com.ua/Books/adaptyvni_sys_zemlerob.pdf
16. Gorova A., Kulina S. Estimation of soil toxicity in the Krasnodar mining area by means of a growth test. *Visnyk Lviv. un-th Biological series*. 2008. 48. pp. 189-194. URL: <http://prima.lnu.edu.ua/faculty/biologh/wis/48/7/23/23.pdf>

MATHEMATICS

Оцінювання параметра Хюрста дробових броунівського поля за спостереженнями з похибками

*Н. С. Аюбова, О. О. Курченко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

*Corresponding author. E-mail: n.aiubova@gmail.com

Paper received 15.12.18; Accepted for publication 22.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-07>

Анотація. Отримана консистентна оцінка параметра Хюрста дробового броунівського поля за спостереженнями з адитивними похибками на дискретній множині точок. Наведені достатні умови сильної консистентності цієї оцінки та побудовані довірчі інтервали.

Ключові слова: Параметр Хюрста, дробовий броунівський рух, дробове броунівське поле, консистентна оцінка, довірчі інтервали.

1. Вступ. Випадковий гауссовий процес з нульовим середнім та коваріаційною функцією

$$B_H(s, t) = \frac{1}{2}(|t|^{2H} + |s|^{2H} - |t - s|^{2H}), t, s \in \mathbb{R}$$

називається випадковим процесом дробового броунівського руху (ДБР) з параметром Хюрста $H \in (0, 1)$. Цей випадковий процес застосовують у сучасних моделях гідрології, метеорології, фінансової і страхової математики та інших галузей науки і техніки. Одним із узагальнень ДБР є гауссове випадкове поле з нульовим математичним сподіванням і коваріаційною функцією

$$r(s, t) = \frac{1}{2}(\|s\|^{2H} + \|t\|^{2H} - \|s - t\|^{2H}), s, t \in \mathbb{R}^d, \quad (1)$$

де параметр Хюрста $H \in (0, 1)$, $\|\cdot\|$ – евклідова норма у \mathbb{R}^d . Це випадкове поле назвемо дробовим броунівським полем (ДБП).

У сучасних застосуваннях теорії випадкових процесів та полів виникають задачі оцінювання за спостереженнями з похибками. Так, наприклад, у монографії [1] розглядаються застосування моделей регресії з похибками вимірювання до оцінювання радіаційних ризиків.

2. Короткий огляд публікацій по темі. У статті [2] за допомогою бакстерівських сум побудована консистентна оцінка параметра Хюрста ДБП та знайдені довірчі інтервали. Оцінювання параметра Хюрста ДБР за спостереженнями з похибками досліджувалося у статтях [3, 4]. При цьому у статті [3] отримана оцінка параметра Хюрста ДБР за спостереженнями з похибками вимірювань на обмеженому проміжку, а у статті [3] – за спостереженнями з похибками вимірювань на необмеженому проміжку, що дозволило отримати консистентність побудованої оцінки.

3. Мета роботи. Нехай $X(t) = X_H(t), t \in \mathbb{R}^d$ – ДБП з параметром Хюрста H , тобто гауссове випадкове поле з нульовим математичним сподіванням та коваріаційною функцією (1); $\bar{a} = (a, \dots, a) \in \mathbb{R}^d$, де додатне число $a \neq \frac{1}{\sqrt{d}}$. Випадкове поле $X(t), t \in \mathbb{R}^d$ спостерігається у точках $\{k\bar{a} | k \in \mathbb{N} \cup 0\}$, що лежать на промені $(t, \dots, t), t \geq 0$ у \mathbb{R}^d . При цьому значення ДБП у цих

точках вимірюється з похибками $\delta_k, k \geq 0$. Відносно похибок зробимо такі припущення:

1.) $(\delta_k; k \geq 0)$ – послідовність незалежних однаково розподілених гауссових випадкових величин з нульовим математичним сподіванням та відомою дисперсією σ^2 ;

2.) Послідовність випадкових величин $(\delta_k; k \geq 0)$ і ДБП $X(t), t \in \mathbb{R}^d$ незалежні.

Мета роботи – за спостереженнями випадкових величин $\eta_k = \eta_{k,H} = X_H(k\bar{a}) + \delta_k, k \geq 0$ побудувати консистентну оцінку параметра Хюрста H .

4. Методи дослідження. У цій роботі використовуються методи теорії ймовірностей та математичної статистики, математичного аналізу, теорії гауссових випадкових функцій, а також методика оцінювання параметра Хюрста ДБР за спостереженнями з похибками на необмеженому проміжку, розвинута у статтях [3, 4].

5. Результати та їх обговорення.

Покладемо $\xi_k = \xi_{k,H} = \eta_{k+1,H} - \eta_{k,H}, k \geq 0$;

$$S_n = S_{n,H} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \xi_k^2, n \geq 1.$$

Обчислимо математичне сподівання випадкової величини S_n . Маємо

$$E\xi_k^2 = E(\eta_{k+1} - \eta_k)^2 = E(X((k+1)a) + \delta_{k+1} - X(ka) - \delta_k)^2 = E(X((k+1)a) - X(ka))^2 + E(\delta_{k+1} - \delta_k)^2 = (\sqrt{da})^{2H} + 2\sigma^2, k \geq 0.$$

Таким чином, $ES_n = (\sqrt{da})^{2H} + 2\sigma^2, n \geq 1$. Покладемо

$$\alpha(H) = (\sqrt{da})^{2H} + 2\sigma^2, H \in (0, 1).$$

При $a \in (0, \frac{1}{\sqrt{d}})$ функція $\alpha(\cdot)$ спадна з множиною значень $(da^2 + 2\sigma^2, 1 + 2\sigma^2)$, а при $a \in (\frac{1}{\sqrt{d}}, +\infty)$ – зростаюча з множиною значень $(1 + 2\sigma^2, da^2 + 2\sigma^2)$. Далі розглянемо випадок $a > \frac{1}{\sqrt{d}}$. Обернена функція до функції $\alpha(\cdot)$ має вигляд

$$H = \frac{1 \log(y - 2\sigma^2)}{2 \log(ay\sqrt{d})}$$

з множиною визначення $(1 + 2\sigma^2, da^2 + 2\sigma^2)$.

Покладемо

$$\Theta(y) = \begin{cases} 0, & y \leq 1 + 2\sigma^2; \\ \frac{1 \log(y - 2\sigma^2)}{2 \log(a\sqrt{d})}, & (1 + 2\sigma^2, da^2 + 2\sigma^2); \\ 1, & y \geq da^2 + 2\sigma^2. \end{cases} \quad (3)$$

Теорема 1. Для довільного значення параметра Хюрста $H \in (0,1)$ має місце збіжність $S_n \rightarrow \alpha(H)$ за ймовірністю при $n \rightarrow \infty$.

Доведення. Доведемо, що для довільного $H \in (0,1)$ $E(S_n - \alpha(H))^2 \rightarrow 0, n \rightarrow \infty$. (4)

що означає збіжність послідовності S_n до $\alpha(H)$ у середньому квадратичному, а отже і за ймовірністю. Оскільки $ES_n = \alpha(H)$, то $E(S_n - \alpha(H))^2 = E(S_n - ES_n)^2 = VarS_n$. Далі,

$$VarS_n = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j=0}^{n-1} (E(\xi_i^2 \xi_j^2) - E\xi_i^2 E\xi_j^2). \\ E(\xi_i \xi_j) = E((X_H((i+1)a) + \delta_{i+1} - X_H(ia) - \delta_i)(X_H((j+1)a) + \delta_{j+1} - X_H(ja) - \delta_j)) = \\ = E((X_H((i+1)a) - X_H(ia))(X_H((j+1)a) - X_H(ja))) + E((\delta_{i+1} - \delta_i)(\delta_{j+1} - \delta_j)), \quad 0 \leq i, j \leq n-1. \quad (6)$$

Перший та другий доданки у правій частині рівності (6) позначимо A_{ij} та B_{ij} відповідно.

$$A_{ij} = \frac{(a\sqrt{d})^{2H}}{2} (|i-j-1|^{2H} + |i-j+1|^{2H} - 2|i-j|^{2H}), \quad 0 \leq i, j \leq n-1. \quad (7)$$

Оскільки $(\delta_k : k \geq 0)$ – послідовність незалежних випадкових величин з нульовим середнім та дисперсією σ^2 , то

$$B_{ij} = \begin{cases} 2\sigma^2, & i = j; \\ -\sigma^2, & |i-j| = 1; \\ 0, & |i-j| \geq 2, \quad 0 \leq i, j \leq n-1. \end{cases} \quad (8)$$

Таким чином,

$$VarS_n = \frac{2}{n^2} \sum_{i,j=0}^{n-1} (A_{ij} + B_{ij})^2 = \frac{2}{n^2} \sum_{i=0}^{n-1} (A_{ii} + B_{ii})^2 + \frac{4}{n^2} \sum_{i,j=0, i < j}^{n-1} (A_{ij} + B_{ij})^2.$$

Внаслідок рівностей (7), (8),

$$VarS_n = \frac{2}{n} ((a\sqrt{d})^{2H} + 2\sigma^2)^2 + \frac{4}{n^2} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)(A_{0i} + B_{0i})^2 = \frac{2}{n} ((a\sqrt{d})^{2H} + 2\sigma^2)^2 + \frac{4}{n^2} (n-1) \left((2^{2H} - 2) \frac{(a\sqrt{d})^{2H}}{2} - \sigma^2 \right)^2 + \frac{4}{n^2} \sum_{i=2}^{n-1} (n-i) A_{0i}^2.$$

Покладемо

$$L_n = \frac{2}{n} ((a\sqrt{d})^{2H} + 2\sigma^2)^2 + \frac{4}{n^2} (n-1) \left((2^{2H} - 2) \frac{(a\sqrt{d})^{2H}}{2} - \sigma^2 \right)^2, \quad n \geq 1 \\ K_n = \frac{4}{n^2} \sum_{i=2}^{n-1} (n-i) A_{0i}^2, \quad n \geq 3,$$

так, що

$$VarS_n = L_n + K_n.$$

Очевидно, для довільного $H \in (0,1)$

$$L_n = O\left(\frac{1}{n}\right), \quad n \rightarrow \infty \quad (9)$$

Далі,

$$0 \leq K_n \leq \frac{4}{n} \sum_{i=2}^{n-1} A_{0i}^2. \quad (10)$$

Із рівності (7) слідує, що

$$A_{0n} = \frac{(a\sqrt{d})^{2H}}{2} ((n-1)^{2H} + (n+1)^{2H} - 2n^{2H}), \quad n \geq 2$$

Вираз $(n-1)^{2H} + (n+1)^{2H} - 2n^{2H}$ є приростом другого порядку функції $f(x) = x^{2H}$ на відрізку $[n-1, n+1]$

звідки $(n-1)^{2H} + (n+1)^{2H} - 2n^{2H} = f''(\theta_n) = 2H(2H-1)\theta_n^{2H-2}$, де $\theta_n \in (n-1, n+1)$. Оскільки $2H-2 < 0$ та $\theta_n \rightarrow +\infty$ при $n \rightarrow +\infty$, то $\lim_{n \rightarrow +\infty} A_{0n} = 0$.

Із останньої рівності, внаслідок теореми Штольца,

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{4}{n} \sum_{i=2}^{n-1} A_{0i}^2 = 0 \quad (11)$$

Внаслідок загальної формули для моментів випадкових величин, що мають сумісний гауссовий розподіл з нульовим середнім значенням [5], отримуємо рівність

$$E(\xi_i^2 \xi_j^2) - E\xi_i^2 E\xi_j^2 = 2E(\xi_i \xi_j)^2, \quad 0 \leq i, j \leq n-1 \quad (5)$$

звідки випливає, що

$$VarS_{n,H} = \frac{2}{n^2} \sum_{i,j=0}^{n-1} (E(\xi_i \xi_j))^2.$$

Внаслідок другого припущення, математичне сподівання

За допомогою формули (1) знаходимо

Із рівності (11) та подвійної нерівності (10) випливає, що $K_n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow +\infty$

Отже, для довільного $H \in (0,1)$ дисперсія $VarS_n = L_n + K_n \rightarrow 0, n \rightarrow +\infty$. Теорема доведена.

Теорема 2. Нехай $(b_n) \subset \mathbb{N}$ така зростаюча послідовність, що для довільного $\alpha > 0$ ряд $\sum_{n=1}^{\infty} (b_n)^{-\alpha}$ збіжний. Тоді для довільного $H \in (0,1)$ послідовність $S_{b_n} \rightarrow \alpha(H)$ з ймовірністю одиниця при $n \rightarrow +\infty$.

Доведення. Із відношення підпорядкованості (9) випливає, що для довільного $H \in (0,1)$ ряд $\sum_{n=1}^{\infty} L_{b_n}$ збіжний. Повернемося до подвійної нерівності (10). Із рівності (7) випливає, що

$$A_{0l} = \frac{(\sqrt{da})^{2H}}{2} ((l-1)^{2H} + (l+1)^{2H} - 2l^{2H}) = \frac{(\sqrt{da})^{2H}}{2} 2H(2H-1)\theta_l^{2H-2}, \\ \text{де } \theta_l \in (l-1, l+1). \text{ Тому} \\ K_n \leq \frac{4}{n} \frac{(\sqrt{da})^{4H}}{4} \sum_{i=2}^{n-1} \frac{1}{(i-1)^{4-4H}} \leq \frac{(\sqrt{da})^{4H}}{n} \left(1 + \int_1^n \frac{dx}{x^{4-4H}} \right) \quad (12)$$

Із цієї нерівності та нерівності (10) випливає, що

$$K_n = \begin{cases} O\left(\frac{1}{n}\right), & H \in \left(0, \frac{3}{4}\right); \\ O\left(\frac{\ln n}{n}\right), & H = \frac{3}{4}; \\ O\left(\frac{1}{n^{4H-4}}\right), & H \in \left(\frac{3}{4}, 1\right), \quad n \rightarrow +\infty. \end{cases}$$

Із цих відношень підпорядкованості слідує, що для довільного $H \in (0,1)$ ряд $\sum_{n=1}^{\infty} K_{b_n}$ збіжний. Отже, для довільного $H \in (0,1)$ ряд із дисперсій $\sum_{n=1}^{\infty} VarS_{b_n} = \sum_{n=1}^{\infty} L_{b_n} + \sum_{n=1}^{\infty} K_{b_n}$ збіжний, що є достатньою умовою для збіжності $S_{b_n} \rightarrow \alpha(H)$ з ймовірністю одиниця при $n \rightarrow +\infty$. Теорема доведена.

Теорема 3. Статистика $\Theta_n = \Theta(S_n), n \geq 1$ є консистентною оцінкою параметра Хюрста H ДБП. При цьому статистика $\tilde{\Theta}_n = \Theta(S_{2^n}), n \geq 1$ – строго консистентна оцінка цього параметра.

Доведення. Функція Θ неперервна на \mathbb{R} . Тому із збіжності $S_n \rightarrow \alpha(H)$ за ймовірністю випливає, що

$\Theta(S_n) \rightarrow \Theta(\alpha(H)) = H$ за ймовірністю при $n \rightarrow +\infty$. Для довільного $\alpha > 0$ ряд $\sum_{n=1}^{\infty} 2^{-n\alpha}$ збіжний. Тому друге твердження випливає із теореми 2. Теорема доведена.

Однією з переваг застосованого підходу до оцінювання параметра Хюрста є в можливість побудови довірчих областей без застосування граничних теорем. Побудуємо довірчий інтервал для параметра Хюрста ДБП. Нехай $1 - p$ заданий рівень довіри. Внаслідок нерівності Чебишова, для довільного $\varepsilon > 0$,

$$P\{|S_n - \alpha(H)| > \varepsilon\} = P\{|S_n - ES_n| > \varepsilon\} \leq \frac{VarS_n}{\varepsilon^2}.$$

Для оцінки зверху дисперсії $VarS_n$ оцінимо зверху величини L_n та K_n , визначені у доведенні теореми 1. Величина L_n із застосуванням нерівності $(a + b)^2 \leq 2(a^2 + b^2)$, $a, b \in \mathbb{R}$ оцінюється зразу для всіх $H \in (0, 1)$:

$$L_n = \frac{2}{n}((a^2d)^H + 2\sigma^2)^2 + \frac{4}{n} \left((2^{2H} - 2) \frac{(a^2d)^H}{2} - \sigma^2 \right)^2 \leq \frac{2}{n}(da^2 + 2\sigma^2)^2 + \frac{8}{n} \left((2^{2H} - 2)^2 \frac{(da^2)^{2H}}{4} + \sigma^4 \right) \leq \frac{M}{n},$$

де $M = 2(da^2 + 2\sigma^2)^2 + 8((da^2)^2 + \sigma^4)$.

Оцінка (12) величини K_n як функція параметра $H \in (0, 1)$ прямує до $+\infty$ при $H \rightarrow 1^-$. Тому зафіксуємо

$H_* \in (0, 1)$ і зробимо припущення, що $H \in (0, H_*]$. Із нерівності (12) випливає, що для довільного $H \in (0, H_*]$

$$K_n \leq \frac{(\sqrt{da})^{4H_*}}{n} \begin{cases} \frac{4 - 4H_*}{3 - 4H_*}, & H_* \in (0, \frac{3}{4}); \\ 1 + \log n, & H_* = \frac{3}{4}; \\ \frac{n^{4H_* - 3}}{4H_* - 3}, & H_* \in (\frac{3}{4}, 1). \end{cases}$$

Через $K_n(H_*)$ позначимо праву частину останньої нерівності. Отже,

$$P\{|S_n - \alpha(H)| > \varepsilon_n\} \leq \frac{1}{\varepsilon_n^2} \left(\frac{M}{n} + K_n(H_*) \right) \leq p.$$

Покладемо $\varepsilon_n = \sqrt{\frac{M/n + K_n(H_*)}{p}}$. Тоді

$$P\{|S_n - \alpha(H)| \leq \varepsilon_n\} = P\{S_n - \varepsilon_n \leq \alpha(H) \leq S_n + \varepsilon_n\} = P\{\Theta(S_n - \varepsilon_n) \leq H \leq \Theta(S_n + \varepsilon_n)\} \geq 1 - p.$$

Таким чином, з ймовірністю не меншою ніж $1 - p$, параметр Хюрста H належить інтервалу $(\Theta(S_n - \varepsilon_n), \min(H_*, \Theta(S_n + \varepsilon_n)))$.

6. Висновки. За спостереженнями з адитивними похибками звуження ДБП на необмежений проміжок побудована консистентна оцінка параметра Хюрста цього поля. Застосований підхід до оцінювання параметра Хюрста дозволив побудувати довірчі інтервали без застосування граничних теорем.

ЛІТЕРАТУРА

1. S.V. Masiuk, A.G. Kukush, S.V. Shklyar, M.I. Chepurny, I.A. Likhtarov (ed.), Radiation Risk Estimation: Based on Measurement Error Models. 2nd ed. (de Gruyter series in Mathematics and Life Sciences, vol. 5). de Gruyter, 2017. P. 240.
2. Kozachenko Yu.V., Kurchenko O.O. An estimate for the multiparameter FBM// Theory of Stochastic Processes. – 1999. Vol. 5 (21), No 3 – 4. – P. 113 – 119.
3. Synyavska O.O. Interval estimation of the fractional Brownian motion parameter in a model with measurement error// Theory of Stochastic Processes – 2016. Vol. 21(37), no 1, 84 - 90.
4. Аюбова Н.С. Оцінювання параметра Хюрста дробового броунівського руху в моделі з похибками вимірювань//Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Матем. і інформ./Ужгород: УжНУ Говерла, 2017. №2 (31). – С. 10 – 14.
5. И.А. Ибрагимов, Ю.А. Розанов, Гауссовские случайные процессы, Наука, Москва, 1970.

REFERENCES

1. S.V. Masiuk, A.G. Kukush, S.V. Shklyar, M.I. Chepurny, I.A. Likhtarov (ed.), Radiation Risk Estimation: Based on Measurement Error Models. 2nd ed. (de Gruyter series in Mathematics and Life Sciences, vol. 5). de Gruyter, 2017. P. 240.
2. Kozachenko Yu.V., Kurchenko O.O. An estimate for the multiparameter FBM// Theory of Stochastic Processes. – 1999. Vol. 5 (21), No 3 – 4. – P. 113 – 119.
3. Synyavska O.O. Interval estimation of the fractional Brownian motion parameter in a model with measurement error// Theory of Stochastic Processes – 2016. Vol. 21(37), no 1, 84 - 90.
4. Aiubova N.S. Estimation of the Hurst parameter of fractional Brownian motion in a model with measurement errors// Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Series. Maths. and Informatics./ Uzhhorod: UzhNU Hoverla, 2017. No. 2 (31). – P. 10 – 14.
5. I.A. Ibragimov, Yu.A. Rozanov, Gaussian random Processes, Nauka, Moscow, 1970.

Estimation of the Hurst parameter of fractional Brownian fields by observations with errors

N. S. Aiubova, O. O. Kurchenko

Abstract. A consistent estimation of the Hurst parameter of a fractional Brownian field is obtained for observations with additive errors on a discrete set of points. Sufficient conditions for strong consistency of this estimation are listed and confidence intervals are constructed.

Keywords: Hurst parameter, fractional Brownian motion, fractional Brownian field, consistent estimation, confidence intervals.

MEDICAL SCIENCES

Якість життя пацієнтів похилого та старечого віку в віддалені терміни після проведення кардіохірургічних операцій

О. М. Дружина, О. А. Лоскутов, С. Р. Маруняк

Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л.Шупика, Київ, Україна
Corresponding author. E-mail: maruniak.stepan@gmail.com

Paper received 05.12.18; Accepted for publication 11.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-08>

Анотація. Актуальність. Ішемічна хвороба серця вважається основною причиною смертності та захворюваності у розвинених країнах. Варто відзначити, що радикальним методом її лікування вважається аортокоронарне шунтування. Незважаючи на видимі переваги, АКШ характеризуються також певним рівнем летальності та захворюваності. Сюди можна віднести від 1% до 6% ризик розвитку інсультів, інфекції, кровотеч, інфаркту міокарда та навіть смерті. Дані ускладнення є важливим маркером негативних наслідків АКШ, однак їх ізольоване застосування для оцінки наслідків даного оперативного втручання не дає об'єктивної картини. На сьогоднішній день, задоволення пацієнтів все частіше використовується як достовірний показник якості лікування ІХС, особливо коли це стосується пацієнтів літнього та старечого віку. **Мета.** Визначити ефективність проведення аортокоронарного шунтування пацієнтам літнього та старечого віку на основі оцінки якості життя через рік після проведення хірургічного втручання. **Матеріали та методи.** У нашому дослідженні, для оцінки якості життя пацієнтів після проведення АКШ, ми використовували 36-item Short Form Health Survey (SF-36) розроблений J.E. Ware і C.D. Sherbourne. В доопераційний період визначення якості життя за даним опитувальником проводилось у 120 пацієнтів. Продовжити дослідження через 12 місяців після АКШ вдалося у 108 пацієнтів. Зокрема, 9 осіб відмовилось від участі та 3 особи померли в післяопераційному періоді. Середній вік пацієнтів включених у дослідження складав 68,4±2,8 років. Зі 108 хворих, 67 (62,03%) пацієнтів чоловічої статі та 41 (37,98%) – жіночої. **Результати.** Достовірної різниці між показниками якості життя залежно від статі через 12 місяців після проведення АКШ нами не виявлялось. Через 12 місяців після проведення АКШ пацієнти відзначали достовірну динаміку таких параметрів як фізичне функціонування, рольове функціонування, обумовлене фізичним станом, інтенсивність болю, життєва активність, соціальне функціонування та рольове функціонування, зумовлене емоційним станом. Про наявність стенокардитичного болю через 12 місяців після оперативного втручання повідомляли 24,1% пацієнтів, з яких у 14,8% хворих біль визначався легкого ступеня, у 5,6% – помірного ступеня та у 3,7% хворих – сильного ступеня. Біль у ділянці стернотомічної рани протягом 12 місяців після АКШ відмічали 61,1% пацієнтів, з них у 25,9% біль виявлявся слабкої інтенсивності, у 16,7% – помірної інтенсивності, 14,8% – сильної інтенсивності та 3,7% – дуже сильної інтенсивності. 40,7% пацієнтів протягом 12 місяців після АКШ відмічали також больові відчуття різної інтенсивності в місці забору венозних анастомозів на нижніх кінцівках. **Висновки.** З огляду на результати дослідження, літній та старечий вік пацієнтів не є перешкодою для операції. Незважаючи на те, що даний контингент є особливо складним для хірургії взагалі і кардіохірургії зокрема, що пов'язано з особливостями перебігу основного захворювання, тривалістю та наявністю супутніх патологій, кардіохірургічне втручання часто є методом вибору для літніх пацієнтів.

Ключові слова: *якість життя, похилий вік, кардіохірургічні операції.*

Актуальність. Ішемічна хвороба серця вважається основною причиною смертності та захворюваності у розвинених країнах. Варто відзначити, що основним методом її лікування вважається аортокоронарне шунтування. Причому, третину всіх оперативних втручань, які проводяться з приводу ІХС, виконуються пацієнтам старше 65 років [1].

Незважаючи на видимі переваги, АКШ характеризуються також певним рівнем летальності та захворюваності. Сюди можна віднести від 1% до 6% ризик розвитку інсультів, інфекції, кровотеч, інфаркту міокарда та навіть смерті [2]. Дані ускладнення є важливим маркером негативних наслідків АКШ, однак їх ізольоване застосування для оцінки наслідків даного оперативного втручання не дає об'єктивної картини.

Зокрема, в багатьох дослідженнях наслідки проведення АКШ у віддаленому періоді для пацієнтів визначали шляхом оцінки якості життя. Більше того, задоволення пацієнтів все частіше використовується як достовірний показник лікування [3].

В даний час існує велика кількість методик для оцінки якості життя. Всі вони розділяються на загальні, тобто застосовні для оцінки якості життя при будь-яких захворюваннях, і хворобоспецифічні, призначені для пацієнтів з певним захворюванням [4]. Вони відображають суб'єктивні показники про стан здоров'я та оцінку

виразності симптомів самим пацієнтом. Однак велика кількість різноманітних методик оцінки якості життя істотно ускладнюють визначення достовірності результатів дослідження за однією й тією ж проблемою [5].

Мета. Визначити ефективність проведення аортокоронарного шунтування пацієнтам літнього та старечого віку на основі оцінки якості життя через рік після проведення хірургічного втручання.

Матеріали та методи. У нашому дослідженні, для оцінки якості життя пацієнтів після проведення АКШ, ми використовували 36-item Short Form Health Survey (SF-36) розроблений J.E. Ware і C.D. Sherbourne [6]. Загалом даний опитувальник складається з 36 пунктів, які згруповані у 8 шкал: фізичне функціонування (ФФ), рольове функціонування, обумовлене фізичним станом (РФфіз), інтенсивність болю (ІБ), загальний стан здоров'я (ЗСЗ), життєва активність (ЖА), соціальне функціонування (СФ), рольове функціонування, зумовлене емоційним станом (РФем) та психічне здоров'я (ПЗ). Відповідь пацієнта на кожне питання визначається в балах. В подальшому, отримані дані сумувалися та аналізувалися, причому результати за кожною шкалою мали значення від 0 до 100, де 100 означає повне здоров'я.

В доопераційний період визначення якості життя за даним опитувальником проводилось у 120 пацієнтів.

Продовжити дослідження через 12 місяців після АКШ вдалося у 108 пацієнтів. Зокрема, 9 осіб відмовилось від участі та 3 особи померли в післяопераційному періоді. Середній вік пацієнтів включених у дослідження складав 68,4±2,8 років. Зі 108 хворих, 67 (62,03%) пацієнтів чоловічої статі та 41 (37,98%) – жіночої.

Результати дослідження та їх обговорення. За даними дослідження різниці в показниках якості життя залежно від статі через 12 місяців після АКШ не виявлялось (табл. 1).

Таблиця 1. Гендерні відмінності в результатах оцінки якості життя через 12 місяців після АКШ

SF-36	Чоловіки (n=67)	Жінки (n=41)	Значення p
ФФ	78,1±8,7	76,2±7,1	0,23
РФфіз	58,9±6,4	60,1±8,2	0,42
ІБ	73,8±7,2	72,1±5,8	0,12
ЗСЗ	71,8±9,1	74,2±6,7	0,08
ЖА	69,8±6,2	71,7±5,9	0,31
СФ	81,4±4,9	79,5±6,8	0,29
РФем	68,5±6,7	74,4±6,1	0,06
ПЗ	76,2±5,4	75,2±10,4	0,51

Щодо динаміки результатів оцінки якості життя через 12 місяців після проведення АКШ, то пацієнти відзначили істотну різницю за оцінкою в 6 шкалах: фізичне функціонування, рольове функціонування, обумовлене фізичним станом, інтенсивність болю, життєва активність, соціальне функціонування та рольове функціонування, зумовлене емоційним станом (табл. 2).

Таблиця 2. Гендерні відмінності в результатах оцінки якості життя через 12 місяців після АКШ

SF-36	До АКШ (n=120)	Через 12 місяців (n=108)	Значення p
ФФ	50,8±4,5	76,5±6,3	0,022
РФфіз	23,5±3,2	60,6±7,5	0,042
ІБ	46,4±5,4	72,2±6,1	0,027
ЗСЗ	59,2±7,2	72,9±6,9	0,07
ЖА	47,2±3,8	69,8±4,8	0,048
СФ	57,0±7,7	79,7±6,5	0,029
РФем	39,6±4,1	72,3±5,3	0,006
ПЗ	67,3±6,5	75,6±8,1	0,061

Так, після проведення АКШ через 12 місяців спостерігалось достовірне зростання показника фізичного функціонування на 50,6% (p=0,022) порівняно з вихідним значенням, що свідчило про покращення здатності виконувати фізичні навантаження, такі як ходьба, піднімання по сходах та перенесення важких речей (табл. 2).

Також пацієнти відмічали достовірне зростання рольового функціонування, обумовленого фізичним станом у 2,5 (p=0,042) рази порівняно з його значенням до операції, що визначало вплив фізичного стану на повсякденну діяльність (табл.2).

Крім того, позитивно спостерігалася динаміка щодо інтенсивності болю. Зокрема, відмічено достовірний вплив зниження болю на можливість виконувати повсякденну роботу, що характеризувалось зростанням даного показника на 55,4% (p=0,027) через 12 місяців після проведення АКШ (табл.2).

Щодо життєвої активності, то ми спостерігали аналогічний напрямок змін. Так, через 12 місяців після АКШ пацієнти на 47,9% (p=0,048) частіше відмічали

відчуття сповнення сил та енергії порівняно з доопераційним рівнем (табл.2).

Цікаво, що через 12 місяців після АКШ пацієнти також відмічали достовірне зростання на 39,9% (p=0,029) та на 82,6% (p=0,006) показників соціального функціонування та рольової функції, обумовленої емоційним станом (табл.2).

В той же час, щодо показників загального стану здоров'я та психічного здоров'я, то достовірних змін через 12 місяців після проведення АКШ не виявлялось (табл.2).

Загалом 75,0% пацієнтів позитивно оцінили якість життя через 12 місяців після АКШ: 18,5% – відмінно, 31,5% – дуже добре та 25,0% – добре (рис.1).



Рисунок 1. Загальна оцінка якості життя через 12 місяців після АКШ

В той же час негативно оцінило якість життя 25% пацієнтів, з яких 17,6% – погано та 7,4% – дуже погано (рис.1).

Також нами оцінювалась інтенсивність та частота виникнення протягом 12 місяців після проведення АКШ болювих відчуттів, як власне стенокардитичних, так і в місцях післяопераційних ран – на груднині та на нижніх кінцівках. Зокрема, 75,9% пацієнтів повідомляли про відсутність будь-якого стенокардитичного болю через 12 місяців після проведення оперативного втручання (рис. 2).

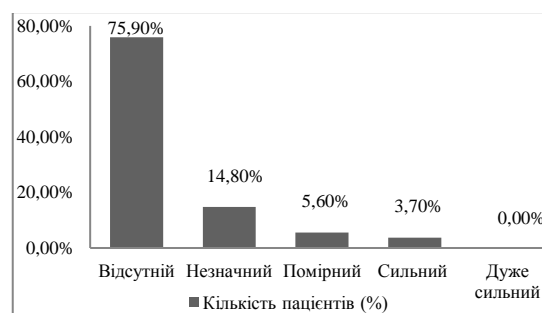


Рисунок 2 Частота виникнення стенокардії та її інтенсивність протягом 12 місяців після АКШ

В той же час, про наявність стенокардитичного болю через 12 місяців після оперативного втручання повідомляли 24,1% пацієнтів, з яких у 14,8% хворих біль визначався легкого ступеня, у 5,6% – помірного ступеня та у 3,7% хворих – сильного ступеня (рис. 2). Варто відзначити, що випадки дуже сильного болю через 12 місяців після АКШ не виявлялись (рис. 2).

Біль у ділянці стернотомічної рани протягом 12 місяців після АКШ відмічали 61,1% пацієнтів, з них у 25,9% біль виявлявся слабкої інтенсивності, у 16,7% – помірної інтенсивності, 14,8% – сильної інтенсивності та 3,7% – дуже сильної інтенсивності (рис. 8.4). Лише 38,9% пацієнтів не скаржилися на появу болю в ділянці кардіотомічної рани (рис. 3).



Рисунок 3. Частота виникнення та інтенсивність болю в ділянці стернотомії протягом 12 місяців після АКШ

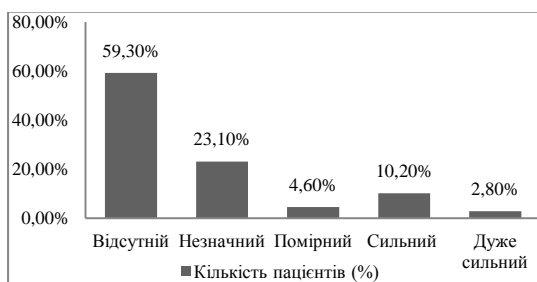


Рисунок 4. Частота виникнення та інтенсивність болю в ділянці хірургічної рани на нижніх кінцівках протягом 12 місяців після АКШ

В той же час, 40,7% пацієнтів протягом 12 місяців після АКШ відмічали також більові відчуття різної інтенсивності в місці забору венозних анастомозів на нижніх кінцівках. Причому серед цих пацієнтів більові відчуття легкої інтенсивності визначалися – у 23,1%

осіб, помірної інтенсивності – у 4,6%, сильної інтенсивності – у 10,2% та дуже сильної інтенсивності – 2,8% (рис.4).

Хоча наші пацієнти відмічали істотне зниження інтенсивності болю після проведення АКШ; однак 35,2% пацієнтів скаржилися на наявність сильного та дуже сильного болю протягом 12 місяців після операції, причому у 61,1% – зберігався певний ступінь болю в момент заповнення анкети.

Висновки:

- Достовірної різниці між показниками якості життя залежно від статі через 12 місяців після проведення АКШ нами не виявлялось.

- Через 12 місяців після проведення АКШ пацієнти відзначалась достовірна динаміка таких параметрів як фізичне функціонування, рольове функціонування, обумовлене фізичним станом, інтенсивність болю, життєва активність, соціальне функціонування та рольове функціонування, зумовлене емоційним станом.

- Про наявність стенокардитичного болю через 12 місяців після оперативного втручання повідомляли 24,1% пацієнтів, з яких у 14,8% хворих біль визначався легкого ступеня, у 5,6% – помірного ступеня та у 3,7% хворих – сильного ступеня.

- Біль у ділянці стернотомічної рани протягом 12 місяців після АКШ відмічали 61,1% пацієнтів, з них у 25,9% біль виявлявся слабкої інтенсивності, у 16,7% – помірної інтенсивності, 14,8% – сильної інтенсивності та 3,7% – дуже сильної інтенсивності.

REFERENCES

- Ridley SA, Chrispin PS, Scotton H, Rogers J, Lloyd D. Changes in quality of life after intensive care: comparison with normal data. *Anaesthesia*. 1997;52(3):195-202.
- Alwaqfi NR., Khader YS., Ibrahim KS., et al. Coronary artery bypass grafting: 30-day operative morbidity analysis in 1046 patients. *J. Clin. Med. Res.* 2012;4(4):267-273.
- Sündermann S., Dademasch A., Praetorius J., et al. Comprehensive assessment of frailty for elderly high-risk patients undergoing cardiac surgery. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2011;39(1):33–37.
- Afilalo J., Mottillo S., Eisenberg MJ., et al. Addition of frailty and disability to cardiac surgery risk scores identifies elderly patients at high risk of mortality or major morbidity. *Cardiovascular Quality and Outcomes*. 2012;5:222–228.
- Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, Arnett DK, Blaha MJ, Cushman M, et al. Heart disease and stroke statistics-2015 update: A report from the american heart association. *Circulation*. 2015;131:e29–e322
- Ware JE., Sherbourne CD. The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36): Conceptual framework and item selection. *Med. Care*. 1992;30:473–483

The quality of life in aged and geriatric patients in the long term after cardiac surgery

O. M. Druzhyna, O. A. Loskutov, S. R. Maruniak

Abstract. Introduction. Coronary heart disease is considered the main cause of mortality and morbidity in developed countries. It should be noted that the radical method of treatment is coronary artery bypass grafting. Despite the apparent benefits, CABG also has a certain level of mortality and morbidity. This can be attributed from 1% to 6% the risk of stroke, infection, bleeding, myocardial infarction and even death. These complications are an important marker for the negative effects of CABG, but their isolated use to evaluate the consequences of this surgical intervention does not give an objective picture. To date, patient satisfaction is increasingly being used as a reliable indicator of the quality of CHD treatment, especially when it comes in aged and geriatric patients. **Goal.** Determine the effectiveness of coronary artery bypass grafting in aged and geriatric patients on the basis assessment quality of life one year after surgical intervention. **Materials and methods.** In our study, we used a 36-item Short Form Health Survey (SF-36) designed by J.E. Ware and C.D. Sherbourne to evaluate the quality of life of patients after CABG. The assessment of quality of life in the questionnaire was conducted in 120 patients in the preoperative period. Continue the study 12 months after the CABG was successful in 108 patients. In particular, 9 people refused to participate and 3 died in the postoperative period. The average age of patients included in the study was 68.4 ± 2.8 years. Of the 108 patients, 67 (62.03%) of male patients and 41 (37.98%) were female. **Results.** There was no significant difference between quality of life depending on the gender 12 months after the CABG. 12 months after the CABG, patients noted the reliable dynamics of such parameters as physical functioning, role-based functioning, caused by physical condition, pain intensity, vital activity, social functioning and role-playing, caused by emotional state. 24.8% of patients reported having angina 12 months after surgery, of which 14.8% had a mild degree of pain, 5.6% had a moderate degree, and 3.7% had a severe degree of pain. The pain in the area of sternotomy wound within 12 months after ACS was noted by 61.1% of the patients, of which 25.9% had weak intensity, 16.7% had moderate intensity, 14.8% had severe intensity and 3.7% – very strong intensity. 40.7% of patients within 12 months after CABG also noticed a different sensation of pain at the site of venous anastomosis in the legs. **Conclusions.** Given the results of the study, aged and geriatric patients are not an obstacle to the cardiac operation. Despite the fact that this contingent is especially difficult for surgery in general and cardiosurgery in particular, due to the peculiarities of the course of the underlying disease, the duration and the presence of concomitant pathologies, cardiac surgery is often the method of choice for elderly patients.

Keywords: quality of life, and patients, cardiac surgery.

Вивчення рівня фізичного здоров'я юнаків низинних районів Закарпаття за метаболічним рівнем аеробного та анаеробного енергозабезпечення в залежності від компонентного складу тіла

О. А. Дуло

ДВНЗ “Ужгородський національний університет” м. Ужгород, Україна
Corresponding author. E-mail: olena.dulo@uzhnu.edu.ua

Paper received 15.12.18; Accepted for publication 19.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-09>

Анотація. Робота присвячена вивченню рівня фізичного здоров'я юнаків 17-21 року, які проживають у низинних районах Закарпаття. Встановлено, що рівень аеробної продуктивності, який відображає фізичне здоров'я, залежить від компонентного складу тіла. Найвищий рівень аеробної продуктивності за відносною величиною максимального споживання кисню виявлено у юнаків, які мають нормальну масу тіла з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів та нормальним відносним вмістом жиру, при нормальному рівні вісцерального жиру, і, як наслідок, рівень фізичного здоров'я перевищує “критичний рівень” за Г.Л. Апанасенком і відповідає “посередньому” за критеріями Я.П. Пярната.

Ключові слова: фізичне здоров'я, аеробна продуктивність, анаеробна продуктивність.

Вступ. Формування фізичного здоров'я відбувається під впливом ендогенних та екзогенних чинників [2]. Причому тривалий вплив екзогенних чинників може викликати в організмі зміни генетичного характеру. Тому національні та популяційні відмінності морфофункціональних показників стимулюють науковців до пошуку відносних стандартів для жителів окремих регіонів [2, 6]. Зокрема в Україні існують території з екологічними особливостями, які визначають гормональний статус мешканців цих регіонів, соматометричні параметри, окремі компоненти соматотипу, компонентний склад маси тіла, функціональний стан [1, 2, 6]. Одним з таких регіонів є Закарпаття [1].

Відповідно до існуючих концепцій про фізичне здоров'я його інтегральними показниками виступає аеробна продуктивність організму [3, 4, 5, 8]. Тому соматичне здоров'я конкретної особи слід оцінювати за фізіологічними показниками, які відображають максимально можливий метаболічний рівень аеробних процесів енергозабезпечення. Для оцінки аеробних процесів енергозабезпечення життєдіяльності організму рекомендують використовувати такі показники як максимальне споживання кисню або поріг анаеробного обміну (ПАНО) [6, 7, 8].

Суттєву роль у формуванні фізичного здоров'я відіграють не лише аеробні, але й анаеробні процеси енергозабезпечення життєдіяльності організму [5, 7, 8]. Результати досліджень свідчать про існування тісного кореляційного взаємозв'язку між аеробною та анаеробною продуктивністю організму, де факторним показником виступає анаеробна (лактатна) продуктивність організму [6, 7, 8].

Тому, для здійснення об'єктивного аналізу стану фізичного здоров'я осіб різного віку і статі необхідно чітко визначити, які значення й межі фізіологічних коливань показників аеробної та анаеробної продуктивності організму залежно від компонентного складу тіла, притаманні здоровому населенню Закарпатської області.

З огляду на вищевикладене **мета даної роботи** полягала у визначенні аеробних та анаеробних можливостей

юнаків низинних районів Закарпатської області залежно від компонентного складу тіла.

Матеріали і методи. Проведено порівняльний аналіз рівня фізичного здоров'я юнаків постпубертатного періоду онтогенезу віком від 17 до 21 року. Кількість юнаків з низинних районів Закарпатської області становила 112 осіб (47,5%). Рівень фізичного здоров'я оцінювали за показниками аеробної продуктивності, а саме вимірювали фізичну працездатність (PWC₁₇₀), максимальне споживання кисню (VO_{2 max}), використовуючи метод велоергометрії. Для оцінки рівня аеробної продуктивності використовували оціночну шкалу Я.П. Пярната. Показники анаеробної продуктивності організму вивчали за визначенням потужності анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення організму за максимальною кількістю роботи, виконаної за 10 с (ВАНТ₁₀), а також за рівнем потужності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму за максимальною кількістю роботи, виконаної за 30 с (ВАНТ₃₀) використовуючи метод Вінгатського анаеробного тесту, описаного Ю.М. Фурманом зі співавторами [4, 6]. Для оцінки ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму, тобто максимальної кількості зовнішньої роботи за 1 хв (МКЗР), використовували методу Shogy A., Cherebetin G [8]. Компонентний склад маси тіла визначали застосовуючи імпедансний метод Body Composition Monitor “Omron BF511”, за допомогою якого оцінювався відсотковий вміст жирової маси (підшкірний та вісцеральний жир) та відсотковий вміст м'язової маси.

Результати дослідження та їх обговорення. У досліджуваних юнаків імпедансним методом визначили індекс маси тіла (ІМТ) і компонентний склад тіла, і умовно розподілили їх на три групи: з низьким, нормальним і високим відносним вмістом жиру. Найбільшу кількість 82 осіб (73,2%) склали юнаки з нормальним відносним вмістом жиру (8,0-19,9%), а найменшу кількість по 15 (13,4%) осіб склали юнаки як з низьким (< 8,0%), так і з високим відносним вмістом жиру (19,9 – 24,9%).

Таблиця 1. Розподіл юнаків низинних районів Закарпаття за відносним вмістом жиру, n=112

Вміст жиру (%)							
< 8,0 (-) низький		8,0 – 19,9 (0) нормальний		19,9 – 24,9 (+) високий		>24,9 (++) дуже високий	
к-сть осіб	%	к-сть осіб	%	к-сть осіб	%	к-сть осіб	%
15	13,4	82	73,2	15	13,4	-	-

Юнаків з дуже високим відносним вмістом жиру (>24,9%) серед досліджених не виявилось, табл.1.

Також юнаків було розподілено на три групи залежно від відносного вмісту скелетних м'язів, і в процесі дослідження було встановлено: з нормальним відносним вмістом скелетних м'язів (33,3 – 39,3%) було всього 15 осіб (13,4%), з високим (39,4 – 44,0%) відносним вмі-

стом скелетних м'язів 45 осіб (40,2%).

Але найбільша кількість серед досліджених юнаків виявилась з дуже високим (> 44,0%) відносним вмістом скелетних м'язів 52 особи (46,4%). Юнаків з низьким відносним вмістом скелетних м'язів (< 33,3%) серед досліджених не виявилось, табл.2.

Таблиця 2. Розподіл юнаків низинних районів Закарпаття за відносним вмістом скелетних м'язів, n=112

Вміст скелетних м'язів (%)							
< 33,3 (-) низький		33,3 – 39,3 (0) нормальний		39,4 – 44,0 (+) високий		> 44,0 (++) дуже високий	
к-сть осіб	%	к-сть осіб	%	к-сть осіб	%	к-сть осіб	%
-	-	15	13,4	45	40,2	52	46,4

Значення абсолютного показника PWC₁₇₀ у представників з високим відносним вмістом жиру становить 3512,7±73,2 мл·хв⁻¹ і є вищим за значення представників з нормальним 3361,4±63,2 мл·хв⁻¹ та низьким 3363,6±74,8 мл·хв⁻¹ відносним вмістом жиру (p>0,05). Але при цьому середня величина PWC₁₇₀ відн. представників з високим відносним вмістом жиру в 1,16 рази достовірно нижче середнього значення представників з низьким та нормальним відносним вмістом жиру (p<0,05), і не досягає “безпечного рівня здоров'я”, яке оцінюють за відносним показником VO₂ max відн. і стано-

вить 37,8±0,86 мл·хв⁻¹·кг⁻¹. Для чоловіків «безпечний рівень здоров'я» знаходиться на межі 42,0 мл·хв⁻¹·кг⁻¹. Середнє значення відносного показника максимального споживання кисню у юнаків низинних районів VO₂ max відн. лише з низьким відносним вмістом жиру перевищує «безпечний рівень здоров'я» і становить 43,8±1,4 мл·хв⁻¹·кг⁻¹, тоді як у юнаків з нормальним відносним вмістом жиру середнє значення VO₂ max відн. також не досягає “безпечного рівня здоров'я” і становить 39,9±0,94 мл·хв⁻¹·кг⁻¹, див. табл. 3.

Таблиця 3. Середні значення показників аеробної та анаеробної продуктивності організму (M±m) юнаків низинних районів Закарпаття в залежності від відносного вмісту жиру, n=112

Показники	Відносний вміст жиру (%)		
	< 8,0 (-) низький (n=15)	8,0 – 19,9 (0) нормальний (n=82)	19,9 – 24,9 (+) високий (n=15)
VO ₂ , мл·хв ⁻¹	3363,6±74,8	3361,4±63,2	3512,7±73,2
VO ₂ , мл·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	43,8±1,4	39,9±0,94	37,8±0,86 *
ВАНТ ₁₀ , кгм·хв ⁻¹	4392,1±61,7	4278,6±81,1	4278,6±84,2
ВАНТ ₁₀ , кгм·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	57,8±3,8	58,1±3,6	46,5±3,1*
ВАНТ ₃₀ , кгм·хв ⁻¹	3801,4±81,3	3733,2±78,2	3824,7±52,1
ВАНТ ₃₀ , кгм·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	50,0±3,6	45,2±3,3	41,6±3,4
МКЗР, кгм·хв ⁻¹	2304,1±46,7	2202,4±52,4	2312,1±56,3
МКЗР, кгм·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	29,8±0,96	26,8±1,2	24,9±2,3 *
Маса тіла, кг	76	84	92

Примітка: вірогідність відмінності середніх значень (p<0,05):

- * - відносно осіб з низьким відносним вмістом жиру;
- - відносно осіб нормальним відносним вмістом жиру;
- ◆ - відносно осіб з високим відносним вмістом жиру.

Результати досліджень потужності анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення організму за відносною величиною ВАНТ₁₀ відн. у юнаків низинних районів виявили достовірну суттєву перевагу цього показника у представників з нормальним 58,1±3,6 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹ та низьким 57,8±3,8 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹ відносним вмістом жиру порівняно з особами, які мають високий відносний вміст жиру, значення якого становить 46,5±3,1 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹ (p<0,05). Особливості прояву анаеробної продуктивності у представників низинних районів з різним компонентним складом маси тіла виявлено також при визначенні відносної величини потужності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму. Звертає на себе увагу те, що найнижчі середні значення ВАНТ₃₀ відн. спостерігаються у представників низинних районів з високим 41,6±3,4 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹ та нормальним відносним вмістом жиру 45,2±3,3 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹, а найвищі значення ВАНТ₃₀ відн. спостерігаються у юнаків з низьким відносним вмістом жиру і становить 50,0±3,6 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹. У юнаків з низьким та високим відносним вмістом жиру

середні величини абсолютного показника ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму МКЗР є найвищими 2304,1±46,7 кгм·хв⁻¹ та 2312,1±56,3 кгм·хв⁻¹ порівняно з представниками низинних районів, які мають нормальний 2202,4±52,4 кгм·хв⁻¹ відносний вміст жиру (p>0,05). У юнаків низинних районів з високим відносним вмістом жиру спостерігається достовірно низький відносний показник ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму МКЗР відн. 24,9±2,3 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹ у порівнянні з показником у юнаків з низьким 29,8±0,96 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹ (p<0, 05) та нормальним відносним вмістом жиру 26,8±1,2 кгм·хв⁻¹·кг⁻¹ (p>0, 05).

Значення абсолютного показника PWC₁₇₀ у юнаків низинних районів з різним відносним вмістом скелетних м'язів між собою достовірно не відрізняються. Середнє значення VO₂ max відн. відносного показника максимального споживання кисню у юнаків низинних районів з нормальним та високим відносним вмістом скелетних м'язів є достовірно нижче “безпечного рівня здоров'я”,

що відповідає рівню аеробної продуктивності «нижче посереднього» і становить $37,8 \pm 0,81$ $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ і $39,2 \pm 0,68$ $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$, відповідно ($p < 0,05$), хоча між собою показники достовірно не відрізняються ($p > 0,05$). Тоді як у юнаків з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів показник максимального споживання кисню $\text{VO}_2 \text{max}$ відн. є достовірно вище «безпечного рівня здоров'я», що відповідає «посередньому» рівню аеробної продуктивності і становить $42,9 \pm 1,02$ $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$. Результати

досліджень потужності анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення організму за абсолютною величиною ВАНТ_{10} абс. у юнаків низинних районів виявили достовірно суттєву перевагу цього показника у представників з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів $4587,9 \pm 63,8$ $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ порівняно з особами, які мають нормальний та високий відносний вміст скелетних м'язів, що становить $4264,8 \pm 90,6$ $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ і $4299,9 \pm 78,6$ $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$ відповідно, табл. 4.

Таблиця 4. Середні значення показників аеробної та анаеробної продуктивності організму ($M \pm m$) юнаків низинних районів Закарпаття в залежності від відносного вмісту скелетних м'язів, $n=112$

Показники	Вміст скелетних м'язів (%)		
	33,3 – 39,3 (0) нормальний ($n=15$)	39,4 – 44,0 (+) високий ($n=45$)	> 44,0 (++) дуже високий ($n=52$)
VO_2 , $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1}$	$3250,4 \pm 84,2$	$3279,1 \pm 69,4$	$3296,4 \pm 83,1$
VO_2 , $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$	$37,8 \pm 0,81^*$	$39,2 \pm 0,68$	$42,9 \pm 1,02$
ВАНТ_{10} , $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$	$4264,8 \pm 90,6^*$	$4299,9 \pm 78,6^*$	$4587,9 \pm 63,8$
ВАНТ_{10} , $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$	$50,8 \pm 2,01^*$	$54,4 \pm 1,87$	$61,2 \pm 1,36$
ВАНТ_{30} , $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$	$3720,3 \pm 91,1$	$3989,6 \pm 87,3$	$4981,3 \pm 72,8$
ВАНТ_{30} , $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$	$45,2 \pm 2,3^*$	$50,3 \pm 1,8$	$56,2 \pm 2,2$
МКЗР , $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1}$	$2128,0 \pm 56,1$	$2233,4 \pm 46,7$	$2179,8 \pm 60,2$
МКЗР , $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$	$25,3 \pm 3,1$	$27,9 \pm 1,9$	$28,6 \pm 2,3$
Маса тіла, кг	84,1	79,8	76,2

Примітка: вірогідність відмінності середніх значень ($p < 0,05$):

- * - відносно осіб з нормальним відносним вмістом скелетних м'язів;
- - відносно осіб з високим відносним вмістом скелетних м'язів;
- ♦ - відносно осіб з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів.

Результати досліджень потужності анаеробних алактатних процесів енергозабезпечення організму за відносною величиною ВАНТ_{10} відн. у юнаків низинних районів виявили достовірно суттєву перевагу цього показника в 1,2 рази у представників з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів $61,2 \pm 1,36$ $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$, ніж у представників з нормальним відносним вмістом скелетних м'язів $50,8 \pm 2,01$, ($p < 0,05$). Особливості прояву анаеробної продуктивності у представників низинних районів з різним компонентним складом маси тіла виявлено також при визначенні відносної величини потужності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму.

Звертає на себе увагу те, що найнижчі середні значення ВАНТ_{30} відн. достовірно спостерігаються у представників низинних районів з нормальним відносним вмістом скелетних м'язів $45,2 \pm 2,3$ $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ порівняно з представниками з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів, у яких середнє значення ВАНТ_{30} відн. є вищим у 1,24 рази і становить $56,2 \pm 2,2$ $\text{кгм} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$, ($p < 0,05$). При цьому у юнаків низинних районів з різним відносним вмістом скелетних м'язів показники ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму (МКЗР) за абсолютною та відносною величинами між собою вірогідно не відрізняються ($p > 0,05$).

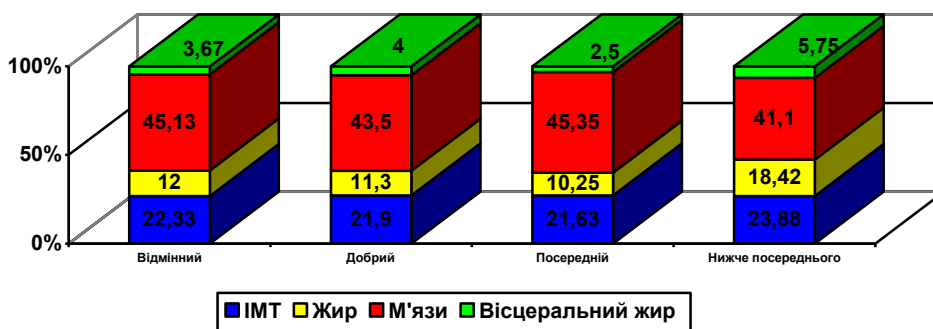


Рис. 1. Рівень аеробної продуктивності організму юнаків низинних районів Закарпаття в залежності від індексу та компонентного складу маси тіла ($n=112$)

Таким чином, за результатами досліджень аеробних та анаеробних процесів енергозабезпечення у мешканців низинних районів ми прийшли до висновку, що юнаки, які мають дуже високий відносний вміст скелетних м'язів ($> 44,0\%$) та нормальний відносний вміст жиру ($8,0 - 19,9\%$) при нормальній масі тіла ($18,5 \leq \text{ІМТ} < 25$ $\text{кг}/\text{м}^2$) мають «відмінний» та «посередній» рівень аеробної продуктивності, тобто $\text{VO}_2 \text{max}$ відн. $42,0 - 58,0$ $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$. Юнаки, які мають нормальний відносний вміст

жиру ($8,0 - 19,9\%$) та високий відносний вміст скелетних м'язів ($39,4 - 44,0\%$) при нормальній масі тіла мають рівень аеробної продуктивності «нижче посереднього», тобто $\text{VO}_2 \text{max}$ відн. від $34,0$ до $42,0$ $\text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$, рис.1. При цьому, всі обстежені юнаки мають нормальний рівень вісцерального жиру, цей показник знаходиться в діапазоні від 1 до 9%.

Висновки. Результати досліджень свідчать про те, що фізичне здоров'я юнаків низинних районів Закарпаття

залежить від компонентного складу тіла, а саме: відмінний рівень аеробної продуктивності спостерігається у юнаків, які мають нормальну масу тіла з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів та нормальним відносним вмістом жиру, при нормальному рівні вісцерального жиру і, як наслідок, рівень фізичного здоров'я перевищує "критичний рівень" за Г.Л. Апанасенком і відповідає "відмінному" та «посередньому» за критеріями Я.П. Пярната. Рівень аеробної продуктивності «нижче посереднього» мають юнаки низинних районів, у яких зменшується відносний вміст скелетних м'язів, збільшується відносний вміст жиру, зростає рівень вісцерального жиру з тенденцією до підвищення індексу

маси тіла. Так як виконання фізичних навантажень в аеробному та анаеробному режимі потребує енергії, що накопичена в м'язах, наявність жирового компоненту у представників чоловічої статі є певним баластом, і, як наслідок, у юнаків зі зменшенням відносного вмісту скелетних м'язів та зі збільшенням відносного вмісту жиру не тільки знижується кількість максимального споживання кисню, а й знижується величина потужності анаеробних алакатних і лактатних процесів енергозабезпечення організму, а також кількість виконаної максимальної зовнішньої механічної роботи за 1 хв, яка є показником ємності анаеробних лактатних процесів енергозабезпечення організму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гунас І.В. Взаємозв'язки сонографічних параметрів нирок із антропометричними показниками здорових міських юнаків та дівчат Поділля з екоморфним соматотипом / І.В. Гунас, Ю.Г. Шевчук, Д.Б. Болух // Вісник морфології. – 2010. – №2. – С. 437 – 441.
2. Дуло О.А. Порівняльна характеристика аеробної продуктивності дівчат з різним соматотипом, які проживають у гірських та низинних районах Закарпаття/О.А. Дуло, Ю.М. Фурман // Biomedical and Biosocial Anthropology. 2013.–№20.–С.23–27.
3. Дуло О.А. Порівняльна характеристика анаеробної продуктивності дівчат із різним соматотипом, які проживають у гірських та низинних районах Закарпатської області / О.А. Дуло//Науковий вісник Ужгородського університету, серія «Медицина». – 2015. – Вип. 1(51). – С. 284 – 289.
4. Макарова Г.А. Спортивная медицина: учебник / Г.А. Макарова. – М.: Советский спорт, 2003. – 480 с.
5. Сарафинюк П.В. Особливості ультразвукових розмірів серця у здорових міських підлітків різних соматотипів / П.В. Сарафинюк, І.Д. Кухар // Вісник морфології. – 2004. – №1. – С. 193 – 197.
6. Astrand J. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age / J. Astrand // Acta Physical. Scand. – 1960. – Vol. 49. – Suppl. 169. – P. 1 – 92.
7. Gaul C.A. Differences in anaerobic performance between boys and men / C.A. Gaul, D. Docherty, R. Cicchini // Int. J. Obes Relat. Metab. Disord. - 2000. – Vol. 24. – P.7841-7848.
8. Shogy A. Minutentest auf dem fanradergometer zur bestimmung der anaeroben capacitar Eur / A. Shogy, G. Cherebetin // J. Appl. Physiol. – 1974. – Vol. 33. – P. 171 – 176.

REFERENCES

1. Gunas I.V. Vzaemovzjazky sonografichnykh parametrov nyrok iz antropocomatometrychnymy pokaznycamy zdorovykh miskych yunakiv i divchat Podillya z ektomorfnyom somatotypom [Relationship sonographic parameters of renal antroposomatometrychny indicators of healthy urban boys and girls of Podillya with ektomorf somatotype]/I.V. Gunas, Y.G. Shevchuk, D.B. Boluch// Visnyk morfologii. – 2010. – №2. – S. 437 – 441.
2. Dulo O.A. Porivnyalna charakterystyca aerobnoy productyvnyosti divchat z ryznym somatotypom, yaki prozhyvaut u girskikh ta nyzynnykh rayonach Zakarpattya [Comparative characteristics of aerobic performance with different somatotype girls who live in mountain and lowland areas of Transcarpathia]/O.A. Dulo, Y.M. Furman // Biomedical and Biosocial Anthropology. – 2013. – №20. – 23 – 27 s.
3. Dulo O.A. Porivnyalna charakterystyca aerobnoy productyvnyosti divchat z ryznym somatotypom, yaki prozhyvaut u girskiyh ta nyzynnyh rayonah Zakarpattya [Comparative characteristic of aerobic productivity of girls with different somatotyps who live in mountain and lowland areas of Transcarpathia]/O.A. Dulo // Naukovyi visnyk Uzghorodskoho universytetu, seria "Medicina". – 2015. – №1(51). – 284 – 289 s.
4. Makarova G.A. Sportyvna medicina: uchebnik [Sport medicine: textbook] / G.A. Makarova. – M.:Sovetskyi sport, 2003. – 480 s.
5. Sarafynuk P.V. Osoblyvosti ultrazvukovykh rozmiriv sertsya u zdorovykh miskych pidlitkiv riznykh somatotypiv [Features of ultrasound heart size of healthy city adolescents with different somatotypes]/P.V. Sarafynuk, I.D. Kuhar//Visnyk morfologii.–2004.–№1.–S. 193 – 197.
6. Astrand J. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age / J. Astrand // Acta Physical. Scand. – 1960. – Vol. 49. – Suppl. 169. – P. 1 – 92.
7. Gaul C.A. Differences in anaerobic performance between boys and men / C.A. Gaul, D. Docherty, R. Cicchini // Int. J. Obes Relat. Metab. Disord. - 2000. – Vol. 24. – P.7841-7848.
8. Shogy A. Minutentest auf dem fanradergometer zur bestimmung der anaeroben capacitar Eur / A. Shogy, G. Cherebetin // J. Appl. Physiol. – 1974. – Vol. 33. – P. 171 – 176.

Study the level of physical health of men which live in lowland Transcarpathian areas by the metabolic level of aerobic and anaerobic providing of energy according to the body components consist.

O. A. Dulo

Abstract. The work is devoted to the study of the level of men's physical health in the age of 17-21 years which live in the lowland areas of Transcarpathia. It's proved that the level of anaerobic productivity, which shows the physical health, depends on body components consist. The boys with normal body weight, but with normal relative consist of fat, very high relative consist of muscles and normal level of visceral fat have the highest level of aerobic productivity by the relative value of maximum oxygen consumption. Cause of this, level of physical health exceeds the "safe health level" by G.L. Apanasenko and matches to the "average" by Y.P. Pyarnata.

Keywords: physical health, aerobic productivity, anaerobic productivity.

Результати використання адеметіоніну і його віддалені ефекти на показники ліпідограми у спортсменів високої професійної майстерності і у хворих на хронічний гепатит С

В. В. Грушко

Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, м. Тернопіль, Україна
E-mail: valeofill77777@gmail.com

Paper received 26.11.18; Accepted for publication 08.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-10>

Анотація. Аналіз фракцій ліпідів у спортсменів високої професійної майстерності в період максимальних фізичних навантажень і у хворих на хронічний гепатит С показав, що рівень загального холестеролу і коефіцієнт атерогенності в обох досліджуваних групах статистично достовірно знижувався, а ліпопротеїдів високої щільності збільшувався. Прийом адеметіоніну протягом місяця має позитивний вплив на ліпідні фракції, як у спортсменів в період відновлення, так і у хворих на хронічний гепатит С. Віддалені результати однозначно кращі в групі спортсменів.

Ключові слова: фізичні навантаження, ліпідограма, спортсмени, гепатит С.

Обсяг фізичної активності на сьогодні у більшості людей є або недостатнім, або взагалі відсутнім [3]. Фізична активність й потреба організму в ній індивідуальні і залежать від багатьох фізіологічних, соціально-економічних і культурних чинників: віку, статі, конституції, рівня фізичної підготовки, способу життя, умов праці та побуту, географічних і кліматичних умов тощо. Для кожної людини характерний генетично обумовлений діапазон цього рівня, необхідний для нормального функціонування та збереження здоров'я [1].

Рівень фізичної активності може бути мінімальним, максимальним і оптимальним. Мінімальний рівень дозволяє підтримувати нормальний функціональний стан організму; при оптимальному досягається найвищий рівень функціональних можливостей і життєдіяльності організму; максимальні межі визначають надмірні навантаження, які можуть призвести до перетому, перетренування, різкого зниження працездатності [2].

Мета дослідження. Провести порівняльний аналіз фракцій ліпідів у спортсменів високої професійної майстерності в період максимальних фізичних навантажень і у хворих на хронічний гепатит С і вплив гепатопротектора адеметіоніну на показники ліпідограми в обох групах.

Матеріали і методи. З дотриманням принципів біоетики та деонтології було обстежено 38 практично здорових осіб, 34 спортсмени-біатлоністи високої професійної майстерності на висоті максимальних фізичних навантажень (в перший день після закінчення змагань) і 40 хворих на хронічний гепатит С в період очікування противірусної терапії.

Оцінювалися показники ліпідних фракцій: холестерол, тригліцериди, ліпопротеїни високої щільності, ліпопротеїни низької щільності, ліпопротеїни дуже низької щільності, коефіцієнт атерогенності.

Метод дослідження: Ферментативно-колориметричний. Аналізатор і тест-система Cobas 6000; Roche Diagnostics (Швейцарія).

Результати дослідження і їх обговорення. Згідно отриманих нами даних, кількість загального холестеролу статистично достовірно знижується у спортсменів на висоті максимальних фізичних навантажень

(табл.1), а також його кількість статистично достовірно зменшується у хворих хронічним гепатитом С, порівняно з контрольною групою (відповідно на 9,2 % і 12,7 %). Статистично достовірна різниця між кількістю загального холестеролу у спортсменів високої професійної майстерності в період максимальних фізичних навантажень та у хворих на хронічний гепатит С відсутня.

Порівнюючи кількість тригліцеридів у хворих на хронічний гепатит С і у спортсменів високої професійної майстерності в період максимальних фізичних навантажень з контрольною групою, можна сказати, що вона в них статистично достовірно не змінюється. Але між показниками концентрації тригліцеридів у спортсменів вищої професійної майстерності під час максимальних фізичних навантажень і у хворих на хронічний гепатит С існує статистично достовірна різниця (концентрація тригліцеридів у хворих на хронічний гепатит С більша на 25,8 %).

Кількість ліпопротеїдів високої щільності статистично достовірно збільшувалась як у спортсменів високої майстерності в період максимальних фізичних навантажень, так і в хворих на хронічний гепатит С, порівняно з контрольною групою (на 17,4 % і 8,1 % відповідно). Між показниками концентрації ліпопротеїдів високої щільності в спортсменів високої професійної майстерності і у хворих на хронічний гепатит С існує статистично достовірна різниця (у спортсменів високої кваліфікації вона більша на 7,9 %).

Кількість ліпопротеїдів низької щільності як у спортсменів високої майстерності під час максимальних фізичних навантажень, так і в хворих на хронічний гепатит С статистично достовірно не змінюється, порівняно з контрольною групою.

Концентрація ліпопротеїдів дуже низької щільності і у спортсменів високої кваліфікації в період максимальних фізичних навантажень, і в хворих на хронічний гепатит С статистично достовірно не змінюється, порівняно з контрольною групою. Але потрібно звернути увагу, що між показниками концентрації ліпопротеїдів дуже низької щільності в спортсменів високої професійної майстерності і у хворих на хронічний гепатит С існує статистично достовірна різниця (у хворих на хронічний гепатит С вона більша на 29,5 %).

Таблиця 1. Порівняльна характеристика фракцій ліпідів у спортсменів високої професійної майстерності в період максимальних фізичних навантажень і у хворих на хронічний гепатит С (M ± m)

Показники	Контрольна група	Хворі на хр. гепатит С	Спортсмени на висоті максимальних фізичних навантажень	
	n=38	n=40	n=34	
Холестерол	4,57±0,13	3,99±0,09	4,15±0,12	> 0,05
Тригліцериди	1,02±0,08	1,17±0,06	0,93±0,08	< 0,05
Ліпопротеїни високої щільності	1,72±0,04	1,86±0,02	2,02±0,05	< 0,05
Ліпопротеїни низької щільності	2,57±0,11	2,26±0,08	2,25±0,11	> 0,05
Ліпопротеїни дуже низької щільності	0,49±0,04	0,57±0,02	0,44±0,04	< 0,05
Коефіцієнт атерогенності	1,84±0,1	1,56±0,06	1,36±0,07	< 0,05

Коефіцієнт атерогенності статистично достовірно зменшується як у спортсменів на висоті максимальних фізичних навантажень, так і у хворих на хронічний гепатит С, порівняно з контрольною групою (відповідно на 26,1 % і 15,2 %). Потрібно звернути увагу, що між показниками коефіцієнтів атерогенності у спортсменів високої кваліфікації і у хворих на хронічний гепатит С існує статистично достовірна різниця (у хворих на хронічний гепатит С він більший на 14,7 %).

Таким чином, аналіз фракцій ліпідів у хворих на хронічний гепатит С і у спортсменів високої профе-

сійної майстерності в період максимальних фізичних навантажень показав, що рівень загального холестеролу і коефіцієнт атерогенності в обох досліджуваних групах статистично достовірно знижувався, при чому це відбувалося на фоні статистично достовірного збільшення кількості ліпопротеїдів високої щільності. Відмінності були лише у зміні концентрації ліпопротеїдів дуже низької щільності – у хворих на хронічний гепатит С їх концентрація статистично достовірно підвищувалась.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика результатів використання адеметіоніну і його віддалених ефектів на показники фракцій ліпідів у спортсменів високої професійної майстерності і у хворих на хронічний гепатит С (M ± m)

Показники	Контрольна група	Гепатит С			Спортсмени			
		Через місяць прийому адеметіоніну	Через 10 днів після припинення прийому адеметіоніну	Через місяць прийому адеметіоніну	Через 10 днів після припинення прийому адеметіоніну			
		1	2	3	4	5	р 4-5	р 2-3
	n=38	n=18	n=10	n=18	10			
Холестерол	4,57±0,13	4,07±0,12	4,5±0,28	4,1±0,15	3,88±0,24	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Тригліцериди	1,02±0,08	1,37±0,09	1,51±0,11	1,01±0,1*	0,87±0,19	> 0,05	> 0,05	< 0,05
Ліпопротеїни високої щільності	1,72±0,04	1,71±0,02	1,6±0,09	1,89±0,04*	2,03±0,04	> 0,05	> 0,05	< 0,05
Ліпопротеїни низької щільності	2,57±0,11	1,94±0,09	2,94±0,22	2,12±0,1	2,09±0,15	> 0,05	< 0,05	< 0,05
Ліпопротеїни дуже низької щільності	0,49±0,04	0,63±0,04	0,75±0,03	0,47±0,05*	0,48±0,07	> 0,05	> 0,05	< 0,05
Коефіцієнт атерогенності	1,84±0,1	1,51±0,06	2,34±0,15	1,39±0,08	1,28±0,09	> 0,05	< 0,05	< 0,05

В період відновлення спортсменів високої кваліфікації, котрі приймали адеметіонін змінювалися такі показники фракцій ліпідів: кількість тригліцеридів статистично достовірно менша на 35,6 %, концентрація ліпопротеїдів високої щільності статистично достовірно вища на 9,5 % і концентрація ліпопротеїдів дуже низької щільності статистично достовірно нижча на 34 %, порівняно з показниками фракцій ліпідів у хворих на хронічний гепатит С, які очікуючи на протівірусну терапію, приймали адеметіонін.

Віддалені результати показників фракцій ліпідів у спортсменів вищої професійної майстерності статистично достовірно не змінювалися, порівняно з показниками фракцій ліпідів у спортсменів після місячного періоду відновлення з прийомом адеметіоніну.

Віддалені результати таких показників фракцій ліпідів у хворих на хронічний гепатит С, через десять днів після завершення місячного прийому адеметіоніну, статистично достовірно змінювалися, а саме кількість ліпопротеїдів низької щільності статистично достовірно підвищувалася на 51,5 %, а коефіцієнт атерогенності статистично достовірно збільшувався на 54,9 %, порівняно з показниками фракцій ліпідів в період очікування протівірусної терапії хворими на хронічний гепатит С, котрі приймали адеметіонін. Щодо решти показників фракцій ліпідів, то вони статистично достовірно не змінювалися, порівняно з показниками фракцій ліпідів у хворих на хронічний гепатит С після місячного періоду відновлення з прийомом адеметіоніну.

Порівняльна характеристика результатів використання адеметіоніну і його віддалених ефектів на показники фракцій ліпідів у спортсменів високої професійної майстерності та в хворих на хронічний гепатит С, показує, що в групі спортсменів високого класу практично всі показники фракцій ліпідів статистично достовірно відрізнялися від аналогічних показників у досліджуваних хворих (за виключенням рівня загального холестеролу, який статистично достовірно не змінювався). Зокрема, концентрація тригліцеридів у досліджуваних спортсменів була меншою на 15,9 %, кількість ліпопротеїдів високої щільності була більшою на 21,2 %, рівень ліпопротеїдів низької і дуже низької щільності був відповідно нижчим на 40,7 % та 56,25 %, і коефіцієнт атерогенності також був меншим на 82,8 %, порівняно з аналогічними показниками фракцій ліпідів у досліджуваних хворих.

Таким чином, згідно наших даних, прийом адеметіоніну протягом місяця має позитивний вплив на ліпідні фракції, як у спортсменів в період відновлення, так і хворих на хронічний гепатит С. Але за деякими показниками, такими як тригліцериди, ліпопротеїни високої щільності і ліпопротеїни дуже низької щільності в групі спортсменів спостерігається статистично достовірне покращення, порівняно з групою хворих на хронічний гепатит С. Що стосується віддалених результатів (через десять днів після завершення місячного прийому адеметіоніну), то вони однозначно кращі в групі спортсменів: тригліцериди, ліпопротеї-

ни низької щільності, ліпопротеїни дуже низької щільності і коефіцієнт атерогенності були статистично достовірно нижчими, а ліпопротеїни високої щільності - статистично достовірно вищими, ніж у групі хворих на хронічний гепатит С.

Висновки. Аналіз фракцій ліпідів у хворих на хронічний гепатит С і у спортсменів високої професійної майстерності в період максимальних фізичних навантажень показав, що рівень загального холестеролу і коефіцієнт атерогенності в обох досліджуваних групах статистично достовірно знижувався, при чому це відбувалося на фоні статистично достовірного збільшення кількості ліпопротеїдів високої щільності. Відмінності були лише у зміні концентрації ліпопротеїдів дуже низької щільності – у хворих на хронічний гепатит С їх концентрація статистично достовірно підвищувалась.

Прийом адеметіоніну протягом місяця має позитивний вплив на ліпідні фракції, як у спортсменів в період відновлення, так і хворих на хронічний гепатит С. Але за деякими показниками, такими як тригліцериди, ліпопротеїни високої щільності і ліпопротеїни дуже низької щільності в групі спортсменів спостерігається статистично достовірне покращення, порівняно з групою хворих на хронічний гепатит С. Що стосується віддалених результатів (через десять днів після завершення місячного прийому адеметіоніну), то вони однозначно кращі в групі спортсменів

ЛІТЕРАТУРА

1. Cramm J. M. Relational coordination promotes quality of chronic-care delivery in Dutch disease-management programs / J. M. Cramm, A. P. Nieboer // Health Care Manag. Rev. – 2011. – No 37. – P. 301–309
2. EBM-Guidelines online. 2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/0470057203>
3. ESC guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD: the Task Force on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and developed in collaboration with the European Association for the Study of Diabetes (EASD) / L. Rydén, P. J. Grant, S. D. Anker [et al.] // Eur. Heart J. – 2013. – No 34. – P. 3035–3087

Results of the use of ademetonin and its long-term effects on lipidogram indices in athletes of high professional skills and in patients with chronic hepatitis C

V. V. Hrushko

Abstract. The analysis of fractions of lipids in athletes of high professional skills during the period of maximum physical activity and in patients with chronic hepatitis C showed that the level of total cholesterol and the ratio of atherogenicity in both studied groups statistically significantly decreased, and high density lipoprotein increased. Ademetionin intake during the month has a positive effect on lipid fractions, both at athletes in the recovery period, and in patients with chronic hepatitis C. Long-term results are definitely the best in a group of athletes.

Keywords: physical activity, lipidogram, athletes, hepatitis C.

SPORTS

Аналіз спектрів потужності варіабельності серцевого ритму у спортсменів під час початкової адаптації до умов гірської гіпоксії

В. В. Сосновський, В. А. Пастухова, М. М. Філіппов, В. М. Ільїн

Національний університет фізичного виховання і спорту України
Corresponding author E-mail ilyin_nufvsu@ukr.net

Paper received 23.08.18; Accepted for publication 29.08.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-11>

Анотація. В основу класифікації спектрів потужності варіабельності серцевого ритму покладена система формульного запису, що містить символи, які характеризують структуру спектра, частотні та амплітудні характеристики основних спектральних максимумів. При аналізі кардіоритмограм у спортсменів в початковий період адаптації до гірських умов, зареєстрованих у спокої і під час навантажень, виявлено 12 з 16 можливих типів спектрів потужності варіабельності серцевого ритму, які відповідають «стійким» і «нестійким» функціональним станам організму спортсменів. «Стойкі» стани організму характерні для умов спокою і незначних функціональних навантажень. «Нестійкі» частіше зустрічаються при напруженнях регуляторних систем організму, що виникають під час значних навантажень або під час впливів екстремальних факторів зовнішнього середовища. Показано що в початковий період адаптації до гірських умов у частини спортсменів спостерігаються "нестійкі" стани, що характеризуються високим функціональним напруженням регуляторних механізмів і підвищеним ризиком спонтанного переходу у стани перенапруження і виснаження. Наведені математико-статистичні показники, що описують розподіл кардіоінтервалів в групах з різними типами спектрів.

Ключові слова: *варіабельність серцевого ритму, спектральна формула, функціональний стан, гіпоксія, адаптація.*

Введення. Організм людини має унікальну властивість пристосовуватися до змін зовнішнього і внутрішнього середовища, у тому числі і до фізичних навантажень. Одним з механізмів процесу адаптації до фізичних навантажень є мінливість функціонування фізіологічних систем, зокрема, варіабельність серцевого ритму спортсмена [1, 2].

Хоча останнім часом є велика кількість досліджень, що використовують методи спектрального аналізу варіабельності серцевого ритму, які дозволяють виявити особливості частотної структури серцевого ритму при дії на організм різних чинників, проте при цьому недостатній акцент ставиться на зміни форми спектру і закономірностей його перетворення [3-4].

У даній роботі пропонується вдосконалений підхід до оцінки функціонального стану організму людини, який включає в себе як сформовані уявлення про регуляторні системи організму, так і положення про те, що організм людини є ультрастабільною системою [5].

Метою роботи є аналіз спектрів потужності варіабельності серцевого ритму організму людини під час термінової адаптації до умов гірської гіпоксії на прикладі висококваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються в швидко-силових видах легкої атлетики.

Матеріали і методи дослідження. В умовах середньогір'я на висоті 2100 м на базі Ельбрусської медико-біологічної станції Міжнародного центру астрономічних і медико-екологічних досліджень НАН України на 2-3 добу перебування в горах обстежено 12 спортсменів кваліфікації майстер спорту і майстер спорту міжнародного класу, що спеціалізуються в бігу на 400 і 800 м. Всі спортсмени брали участь в кардіоритмографічному обстеженні в стані відносного спокою лежачи і під час проведення активної ортостатичної проби (АОП).

Відповідно до «Міжнародного стандарту» [6] в дослідженнях тривалість запису кардіоритмограми

(КРГ) становила 5 хвилин (300 с). При проведенні АОП проводився аналіз як нестационарної ділянки КРГ, який характеризує перехідний процес після прийняття положення стоячи тривалістю 1 хвилина, так і наступної за нею стаціонарної ділянки. Розраховувалися статистичні характеристики динамічного ряду кардіоінтервалів: кількість кардіоінтервалів (N); математичне сподівання динамічного ряду (RRNN); стандартне відхилення нормальних величин RR інтервалів (SDNN), коефіцієнт варіації (CV); частка послідовних RR інтервалів, різниця між якими перевищує 50 мс (pNN50, %). Числовими характеристиками варіаційної пульсограми є: "Мода" (Mo), "Амплітуда моди" (AMo), "Індекс напруженості" (IH), "Індекс вегетативної регуляції" (IBP), "Вегетативний показник ритму" (BPP), "Показник адекватності процесів регуляції" (ПАПР).

Для оцінки функціонального стану організму був застосований структурно-лінгвістичний метод [7].

Результати та їх обговорення. В основу класифікації спектрів потужності серцевого ритму у цій роботі покладена система формульного запису, що містить символи, які характеризують структуру спектра, частотні та амплітудні характеристики основних спектральних максимумів [8, 9].

При аналізі КРГ спортсменів, зареєстрованих в початкову фазу адаптації до умов середньогір'я в спокої і під час функціональних навантажень, визначені 12 із 16 можливих типів спектрів потужності серцевого ритму, а саме So, Sb, Sm, SmSb, SmSf, SbSm, SbSf, SmSbSf, SmSfSb, SbSmSf, SbSfSm, SfSmSb.

На рисунку 1 наведена гістограма розподілу типів спектрів потужності серцевого ритму.

Найбільш часто зустрічалися спектри типу SmSbSf (16,7%) і Sm (13,9%). Звертає на себе увагу наявність спектрів з вираженим надвисокочастотним (Sf) компонентом (SmSfSb, SbSfSm, SfSmSb). Вони становлять 14% від усіх зареєстрованих спектрів, що свід-

чить про наявність в початковий період адаптації до гірських умов у частині спортсменів великої кількості " нестійких станів, що характеризуються високим функціональним напруженням регуляторних механізмів і підвищеним ризиком спонтанного переходу у стани перенапруження і виснаження [5].

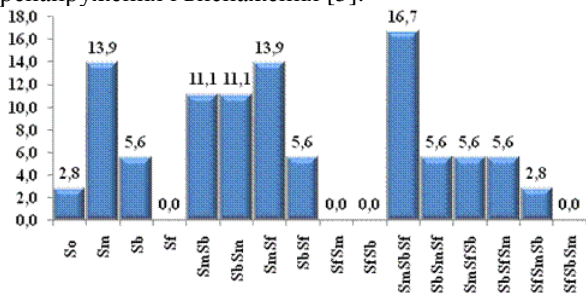


Рис. 1. Частота зустрічаємості різних типів серцевого ритму у спортсменів, які зареєстровані в початкову фазу адаптації до умов середньогір'я в спокої і під час функціональних навантажень

Кардіоритмограми зі спектрами So, Sm, SmSf, SbSf, SbSmSf, SbSfSm, SfSmSb зустрічалися частіше під час функціональних навантажень, ніж у стані спокою.

У зв'язку з тим, що кардіоритмограм з різними спектрами потужності мали дуже близькі математико-статистичні показники, вони були об'єднані в п'ять груп: 1 - SmSb, SmSbSf; 2-SbSm, SbSmSf, 3 - So, 4 - Sm, SmSf, SmSfSb, SfSmSb, 5 - Sb; SbSf, SbSfSm (таблиця 1).

За допомогою показника активності регуляторних систем (ПАРС) була проведена оцінка ступеня напруги регуляторних систем в залежності від класу кардіоритмограми і типу спектру потужності серцевого ритму.

Таблиця 1. Математико-статистичні показники, що характеризують розподіл кардіоінтервалів в кардіоритмограмах з різними спектрами потужності серцевого ритму

Показники	Sm, SmSf, SmSfSb, SfSmSb	SmSb, SmSbSf	Sb, SbSf, SbSfSm	So	SbSm, SbSmSf
Mo, мс	657	702	718	734	780
RRNN, мс	681	754	765	735	826
SDNN, мс	25,5	19,8	18,5	12,0	41,9
AMo, %	48	62	69	87	35
ΔR-R, мс	395	312	247	207	479
CV, %	3,7	2,7	2,5	1,7	5,1
pNN50, %	14,9	12,8	6,5	6,2	17,9
IBP	122	199	280	420	73
ПАПР	71	88	95	123	44
ВІПР	3,9	4,7	5,4	6,8	2,6
ІН	91	143	191	294	47
ПАРС	5	4	6	8	3
% від виборки	29,7	24	29,7	8,5	8,1

Показано, що при кардіоритмограмах зі спектрами SbSm, SbSmSf, SmSb, SmSbSf значення ПАРС не перевищують 4 балів. За шкалою, розробленою Бавеским та ін [10], ця сума балів відповідає стану оптимального напруження регуляторних систем організму. При спектрах Sm, SmSf, SmSfSb і SfSmSb значення ПАРС досягає 5 балів. Це свідчить про функціональне напруження регуляторних систем організму. При спектрі So ПАРС коливається від 7 до 10 балів і це вказує на перенапруження або виснаження регуляторних систем. Стани функціонального напруження, перенапруження або виснаження регуляторних механізмів, як і відповідні їм спектри серцевого ритму, частіше зустрічаються під час функціональних навантажень, при виникненні перед- і патологічних станів або при дії екстремальних факторів.

Висновки:

1. В основу класифікації спектрів потужності варіабельності серцевого ритму може бути покладена си-

стема формульного запису, що містить символи, які характеризують структуру спектра, частотні та амплітудні характеристики основних спектральних максимумів.

2. При аналізі кардіоритмограм у спортсменів в початковий період адаптації до гірських умов, зареєстрованих у спокої і під час функціональних навантажень, виявлено 12 з 16 можливих типів спектрів потужності варіабельності серцевого ритму, а саме So, Sb, Sm, SmSb, SmSf, SbSm, SbSf, SmSbSf, SmSfSb, SbSmSf, SbSfSm, SfSmSb.

3. Величини показників, що характеризують кардіоритмограми зі спектрами SmSb, SmSbSf, SbSm і SbSmSf, характерні для функціональних станів організму в нормі. Інші типи спектрів частіше зустрічаються при напруженнях регуляторних систем організму, що виникають під час функціональних навантажень або під час впливів екстремальних факторів зовнішнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ільїн В. М., Кальниш В. В., Курданов Х. А. Структурно-лінгвістичний підхід до оцінки функціонального стану організму людини // Доп. НАНУ, 2001, 6, С.185–189.
 2. Коробейников Г.В. Вариабельность ритма сердца как физиологический механизм адаптации к условиям напряженной мышечной деятельности //Материалы 1-й межд. научн. конференции «Анализ вариабельности ритма сердца в клинической практике». - К.: ИПЦ «Аклон», 2002, С. 68-69.
 3. Karling P., Nyhlin H., Wiklund U. et al Spectral analysis of heart rate variability bowel syndrome /

- P.Karling,. // Scand. J. Gastrenterol.,1998, 33(6), P. 572–576.
4. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метод. – Иваново: Иван. Гос. Мед. Академия, 2002, 290 с.
 5. Ильин В. Н., Филиппов М. М., Алвани А. Оценка функционального состояния организма человека в экстремальных условиях на основе теории ультрастабильных систем // Ульяновский медико-биологический журнал, 2014, 3, С. 94-100.
 6. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standarts of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use// Circulation,1996, 93, P. 1043-1065.
 7. Ільїн В. М., Черкес Л. І, Коваль С. Б. та інш. Структурно-лінгвістичний аналіз реакцій організму людини на фізичне навантаження // Медична інформатика та інженерія, 2009, 3, С. 48-54.
 8. Криворученко Е. В., Ильин В. Н. Новый подход к оценке работоспособности спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, по анализу показателей variability сердечного ритма // Сб. материалов международной научн. конф. Состояние и перспективы развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2006» – Москва: АнитаПресс, 2006, С. 171 – 172.
 9. Ilyin V, Kalnysh V., Gorgo Y. The structure-linguistic approach to evaluation of functional state of human organism in the extreme conditions // Сб. трудов конф. «Автоматизированный анализ гипоксических состояний», Нальчик-Москва, 2003, С.141-145.
 10. Баевский Р. М., Кириллов О. И., Клецкин С. З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. 221 с.

REFERENCES

1. Ilyin V.M., Kannish V.V., Kurdanov Kh. A. Structural-linguistic approach to the evaluation of the functional state of the human body // Supplement. National Academy of Sciences, 2001, 6, P.185-189.
2. Korobeinikov G.V. Variability of heart rhythm as a physiological mechanism of adaptation to conditions of intense muscular activity // Materials of the 1 st Intl. scientific. conference "Analysis of Heart Rate Variability in Clinical Practice" .- K .: IPC "Aklon", 2002, pp. 68-69.
3. Karling P., Nyhlin H., Wiklund U. et al Spectral analysis of heart rate variability bowel syndrome / P.Karling,. // Scand. J. Gastrenterol.,1998, 33(6), P. 572–576.
4. Mikhailov V.M. Heart rate variability: experience of practical application of the method. - Ivanovo: Ivan. Gos. Honey. Academy, 2002, 290 p.
5. Ilyin V.N., Filippov M.M., Alvani A. Evaluation of the functional state of the human body under extreme conditions on the basis of the theory of ultrastable systems // Ulyanovsk Medical Biological Journal, 2014, 3, P. 94-100.
6. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standarts of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use// Circulation,1996, 93, P. 1043-1065.
7. Ilyin V. M., Cherkess L. I., Koval S. B. and others. Structural and linguistic analysis of human body reactions to physical activity // Medical Informatics and Engineering, 2009, 3, P. 48-54.
8. Krivoruchenko E.V., Ilyin V.N. A new approach to assessing the performance of athletes specializing in cyclic sports, on the analysis of heart rate variability indices. materials of international scientific. Conf. State and prospects of the development of medicine in the sport of high achievements "SportMed-2006" - Moscow: AnitaPress, 2006, p. 171-172.
9. Ilyin V, Kalnysh V., Gorgo Y. The structure-linguistic approach to evaluation of the functional state of the human organism in the extreme conditions // Sb. works of conf. "Automated analysis of hypoxic conditions", Nalchik-Moscow, 2003, P.141-145.
10. Baevsky R.M., Kirillov O.I., Kletskin S.Z. Mathematical analysis of cardiac rhythm changes under stress. - Moscow: Nauka, 1984. 221 p.

Analysis of power spectrum of heart rate variability in athletes during initial adaptation to mountain hypoxia conditions

V. V. Sosnovsky, V. A. Pastukhova, M. M. Filippov, V. M. Ilyin

Abstract. In basis of classification of spectrums of power of variability of cardiac rhythm the fixed system of record of formula, that contains symbols, that characterize a spectrum structure, frequency and peak descriptions of basic spectral maximums. When analyzing cardiorytmohram the athletes in the initial period of adaptation to mountain conditions recorded at rest and during exertion, found 12 of the 16 possible types of power spectra of heart rate variability, which correspond to "stable" and "unstable" functional state of athletes. "Stable" states of the organism are characteristic for conditions of rest and minor functional loads. "Unstable" are more common in stresses of regulatory systems of the organism that arise during heavy loads or during the effects of extreme environmental factors. It is shown that in the initial period of adaptation to the mountainous conditions of the athletes there are "unstable" condition characterized by high functional stress regulatory mechanisms and an increased risk of spontaneous goes into a strain and exhaustion. The mathematical and statistical indicators describing the distribution of cardiointervals in groups with different types of spectra are given.

Keywords: heart rhythm variability, spectral formula, functional state, hypoxia, adaptation.

TECHNICAL SCIENCES

Влияние безопасной зоны прямоугольной формы на определение величины предельно - допустимой дистанции сближения судов

А. В. Бородулин

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

Paper received 16.12.18; Accepted for publication 20.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-12>

Аннотация. Показана зависимость значения предельно - допустимой дистанции сближения судов от их взаимного положения в случае применения безопасной зоны прямоугольной формы. Получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитать величину предельно - допустимой дистанции сближения судов в зависимости от их ракурса. С помощью компьютера произведено моделирование величины предельно - допустимой дистанции сближения и оценены пределы ее изменения.

Ключевые слова: безопасность судовождения, расхождение судов при опасном сближении, форма безопасной зоны, предельно - допустимая дистанция сближения судов.

Введение. Интенсивное судоходство и навигационные препятствия способствуют повышенной аварийности судов при плавании в стесненных водах, чем и обусловлено их оборудование станциями управления движением судов (СУДС). Помимо контроля процесса судовождения СУДС осуществляет управление движением опасно сближающихся судов. Для их безопасного расхождения необходимо выбрать граничный относительный курс, который является касательным к безопасной зоне с учетом ее формы. Так как в последнее время помимо круговой рассматриваются другие формы безопасной зоны, то актуальным является вопрос определение величины предельно - допустимой дистанции сближения судов в зависимости от формы безопасной зоны.

Краткий обзор публикаций по теме. В работе [4] для описания процесса расхождения используются методы теории оптимальных дискретных процессов, а в работах [2, 3] предложена формализация взаимодействия судов при расхождении методами теории дифференциальных игр. В работе [1] предложен метод нелинейной интегральной инвариантности для описания процесса расхождения и выбора одношагового маневра предупреждения столкновения. Метод предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути рассмотрен в монографии [6]. Формализация взаимодействия судов при возникновении угрозы столкновения предложена в работе [5], с ее помощью предложена алгоритмизация МПСС-72, 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 позволяет произвести синтез стратегии расхождения судна с несколькими опасными целями с учетом навигационных опасностей и динамики судна.

Цель. Цель настоящей статьи - разработка процедуры определения величины предельно - допустимой дистанции сближения судов в случае применения безопасной зоны прямоугольной формы.

Материалы и методы. В работе [9] показано, что

для безопасного расхождения судна с опасной целью с учетом формы безопасной зоны (домена) судно должно выбрать граничный относительный курс, который является касательным к безопасной зоне. Как показано на рис. 1, таких граничных курсов существует два: относительным уклонением вправо K_{ot}^s и относительным уклонением влево K_{ot}^p .

Независимо от ракурса цели относительно судна касательная к границе безопасной круговой зоны $D_b^{(R_b)}$ сохраняет неизменное положение и зависит только от относительной позиции (рис. 2).

Из рис. 2 значения граничные относительные курсы уклонения определяется очевидным соотношением:

$$K_{ot}^s = \alpha + \arcsin \frac{R_b}{D},$$

$$K_{ot}^p = \alpha - \arcsin \frac{R_b}{D}.$$

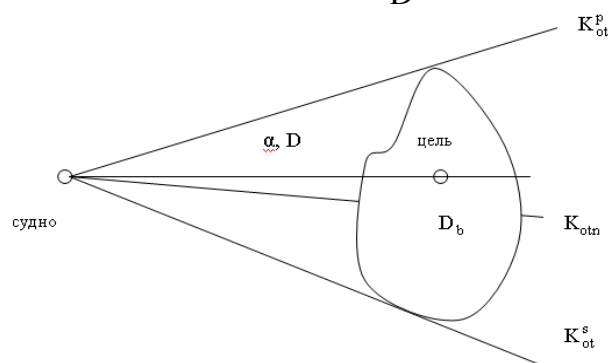


Рис. 1. Граничные относительные курсы уклонения

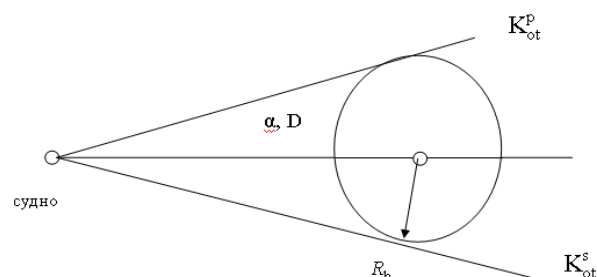


Рис. 2. Граничные относительные курсы уклонения кру-

говой зоны $D_b^{(Rd)}$

Результаты и их обсуждение. Рассмотрим безопасную область цели $D_b^{(Rt)}$ прямоугольной формы и зависимость относительного курса уклонения, касательного к области, от взаимного положения судов. Безопасную область цели $D_b^{(Rt)}$ прямоугольной формы целесообразно задавать относительно центра цели четырьмя угловыми точками А, В, С и D (рис. 3).

Положения угловых точек А, В, С и D относительно центра будем задавать дистанциями D_n, D_k и углами ψ_n, ψ_k . Значения D_n, D_k, ψ_n и ψ_k в зависимости от параметров l_n, l_k и b безопасной области определяются, как следует с рис. 1, следующим образом:

$$\psi_n = \arctg \frac{b}{2l_n}, \quad \psi_k = \arctg \frac{b}{2l_k},$$

$$D_n = \sqrt{\frac{b^2}{4} + l_n^2}, \quad D_k = \sqrt{\frac{b^2}{4} + l_k^2}.$$

$$X_A = D_n \sin \psi_n,$$

$$X_B = D_k \sin(\pi - \psi_k),$$

$$X_C = D_k \sin(\pi + \psi_k),$$

$$X_D = D_n \sin(2\pi - \psi_n),$$

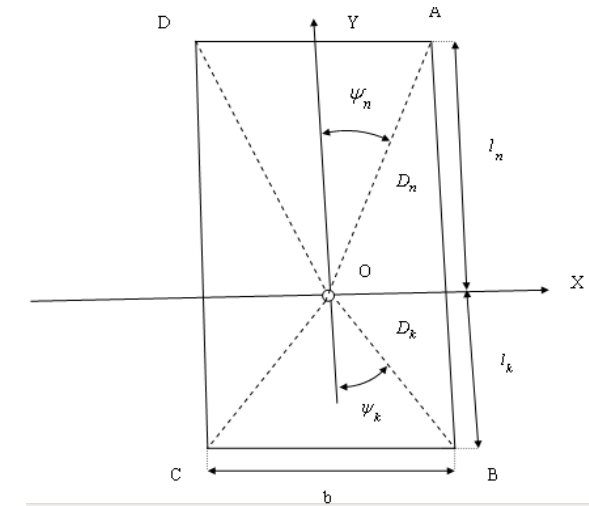


Рис. 3. Параметры безопасной зоны $D_b^{(Rt)}$ прямоугольной формы

С учетом полученных выражений положения угловых точек в судовой системе координат XOY определяется следующим образом:

$$Y_A = D_n \cos \psi_n,$$

$$Y_B = D_k \cos(\pi - \psi_k),$$

$$Y_C = D_k \cos(\pi + \psi_k),$$

$$Y_D = D_n \cos(2\pi - \psi_n).$$

Для получения формул расчета относительных минимальных курсов уклонения, проходящих через угловые точки следует ввести опорную \overline{XOY} и промежуточную $\tilde{X}\tilde{O}\tilde{Y}$ системы координат (рис. 3). При курсе цели K_c и положении его центра \bar{X}_o, \bar{Y}_o в

$$\bar{X}_A = \bar{X}_o + D_n \sin(\psi_n + K_c),$$

$$\bar{X}_B = \bar{X}_o + D_k \sin(\pi - \psi_k + K_c),$$

$$\bar{X}_C = \bar{X}_o + D_k \sin(\pi + \psi_k + K_c),$$

$$\bar{X}_D = \bar{X}_o + D_n \sin(2\pi - \psi_n + K_c),$$

системе координат \overline{XOY} , координаты критических точек А, В, С и D в этой же координатной системе определяются, как следует с рис. 4, следующими формулами:

$$\bar{Y}_A = \bar{Y}_o + D_n \cos(\psi_n + K_c),$$

$$\bar{Y}_B = \bar{Y}_o + D_k \cos(\pi - \psi_k + K_c),$$

$$\bar{Y}_C = \bar{Y}_o + D_k \cos(\pi + \psi_k + K_c),$$

$$\bar{Y}_D = \bar{Y}_o + D_n \cos(2\pi - \psi_n + K_c).$$

Значения относительного курса уклонения \bar{K}_{yminI} , проходящего через угловые точки будет определяться выражениями:

$$\tilde{K}_{yminI} = 360 + \bar{K}_{yminI}, \text{ при } \bar{Y}_I > 0; (I = A, B, C, D)$$

$$\tilde{K}_{yminI} = 180 + \bar{K}_{yminI}, \text{ при } \bar{Y}_I < 0, \quad (1)$$

где \bar{K}_{yminI} определяется следующим образом:

$$\bar{K}_{yminA} = \arctg \frac{\bar{X}_o + D_n \sin(\psi_n + K_c)}{\bar{Y}_o + D_n \cos(\psi_n + K_c)},$$

$$\bar{K}_{yminB} = \arctg \frac{\bar{X}_o + D_k \sin(\pi - \psi_k + K_c)}{\bar{Y}_o + D_k \cos(\pi - \psi_k + K_c)},$$

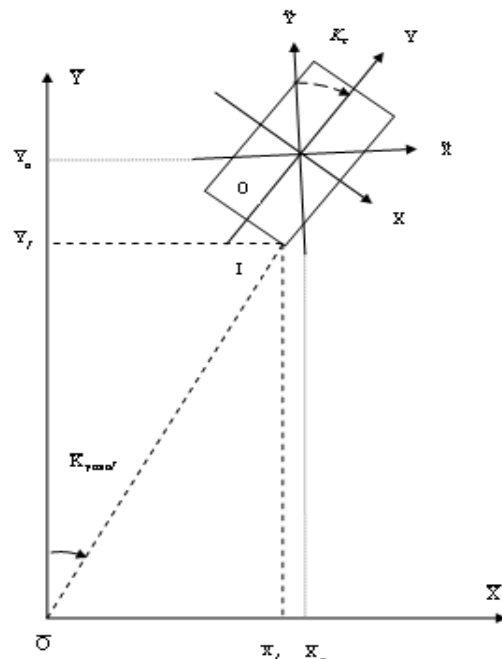


Рис. 4. К определению минимального курса уклонения

$$\bar{K}_{y\min}$$

$$\bar{K}_{y\min C} = \arctg \frac{\bar{X}_O + D_k \sin(\pi + \psi_k + K_c)}{\bar{Y}_O + D_k \cos(\pi + \psi_k + K_c)},$$

$$\bar{K}_{y\min D} = \arctg \frac{\bar{X}_O + D_n \sin(2\pi - \psi_n + K_c)}{\bar{Y}_O + D_n \cos(2\pi - \psi_n + K_c)}.$$

Используя полученные выражения, с помощью формулы (1) находим значение относительных минимального курсов уклонения $\tilde{K}_{y\min A}$, $\tilde{K}_{y\min B}$, $\tilde{K}_{y\min C}$, $\tilde{K}_{y\min D}$. Для выбора граничных относительных курсов уклонения K_{ot}^S и K_{ot}^P воспользуемся следующими соотношениями:

$$K_{ot}^S = \max\{\tilde{K}_{y\min A}, \tilde{K}_{y\min B}, \tilde{K}_{y\min C}, \tilde{K}_{y\min D}\}.$$

$$K_{ot}^P = \min\{\tilde{K}_{y\min A}, \tilde{K}_{y\min B}, \tilde{K}_{y\min C}, \tilde{K}_{y\min D}\}.$$

Величина предельно - допустимой дистанции сближения судов с учетом формы безопасной зоны зависит от стороны относительного уклонения и

определяется граничными относительными курсами K_{ot}^S и K_{ot}^P . Поэтому обозначим D_d^S и D_d^P - предельно - допустимые дистанции сближения при относительном уклонении судна соответственно вправо и влево, причем определение предельно - допустимых дистанций сближения производится с помощью очевидного выражения:

$$D_d^S = D |\sin(K_{ot}^S - \alpha)|;$$

$$D_d^P = D |\sin(K_{ot}^P - \alpha)|.$$

С помощью компьютерной программы был произведен расчет зависимости предельно - допустимые дистанции сближения от ракурса сближающихся судов для дистанции между судами 3,5 мили, результаты компьютерного моделирования представлены на рис. 5. В правой части рисунка показана зависимость предельно - допустимые дистанции сближения от взаимного положения судов. Величина предельно - допустимой дистанции изменяется в пределах от 0,4 до 1 мили, учитывая, что большая дистанция D_n прямоугольной области равна 1 мили.

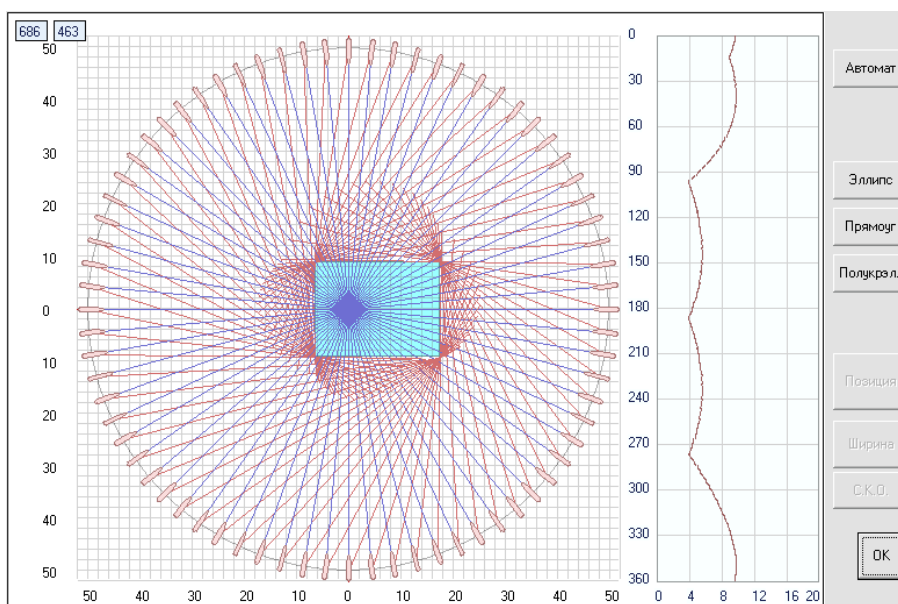


Рис.5. Результаты компьютерного моделирования

Выводы

1. Показана зависимость значения предельно - допустимой дистанции сближения судов от их взаимного положения в случае применения безопасной зоны прямоугольной формы.
2. Получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитать величину предельно- допустимой

дистанции сближения судов в зависимости от их ракурса.

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. Вагушенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагушенко. – 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: "ИздатИнформ", 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. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А Бурмака., Э.Н Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.

REFERENCES

1. Pavlov V.V. Some questions of choice of maneuver in the situations of divergence of vessels/ Pavlov V.V., Senshin N.I. // Kibernetika i vychislitel'naya tekhnika. - 1985.- №68. - p. 43 - 45.
2. 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. Vagushchenko L.L. Divergence with vessels by displacement on the parallel line of way / Vagushchenko L.L.- Odessa: Feniks.- 2013.- 180 p.
6. Pyatakov E. N. Estimation of efficiency of pair strategies of going away vessels / Pyatakov E. N., Zaichko S.I.// Sudovozhdenie.- 2008.- №15 .- p. 166 – 171.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

Influence of safe area of rectangular form on determination of size is maximum - possible distance of rapprochement of vessels.

A. V. Borodulin

Abstract. Dependence of value maximum is shown - possible distance of rapprochement of vessels from their mutual position in the case of application of safe area of rectangular form. Analytical dependences allowing to expect size maximum are got - possible distance of rapprochement of vessels depending on their foreshortening. By a computer the design of size maximum is produced - possible distance of rapprochement and the limits of its change are appraised.

Keywords: *safety of navigator, divergence of vessels at dangerous rapprochement, form of safe area, maximum - possible distance of rapprochement of vessels.*

Automated system for the creation and replenishment of users' electronic lexicographical resources

N.V. Borysova, K.V. Melnyk

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
*Corresponding author. E-mail: borysova.n.v@gmail.com, karina.v.melnyk@gmail.com

Paper received 12.12.18; Accepted for publication 19.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-13>

Abstract. This article proposes a solution to improve the efficiency of automated generation of electronic lexicographical resources based on strongly-structured electronic information arrays processing. The developed automated information system for lexicographical resources creation and replenishment have been described in this article. Several supporting subsystems of developed automated system have been characterized. The effectiveness of the information system has been evaluated.

Keywords: *Automated systems for natural language processing, electronic lexicographical resources, strongly-structured electronic information arrays*

Introduction. The problem of automated lexicographical resources creating needs to be solved, because, firstly, using special automatic lexicographical resources in programs for natural language texts automated and automatic processing have greatly increased the efficiency and quality of such processing; and secondly, in the lexicographical resources the conceptual model of a certain subject area is reflected because they contain concepts, connections between them, definitions of these concepts. The current level of information technology development provides an opportunity to solve this problem only partially by developing and using specialized information systems based on a variety of approaches and methods. As sources of fulfilling the lexicographical resources such systems use natural language texts. But many researchers ignore such sources of information as already created, existing lexicographical resources of different types. Therefore, the problem of developing an information system for the automated creation of electronic lexicographical resources based on the analysis of existing ones can be considered relevant.

Review of the literature. At the moment there are quite a lot of tools and services for the creation and replenishment of electronic lexicographical resources. In the framework of this work, some of them, created in Ukraine and working with the Ukrainian language, were analyzed.

Integrated lexicographic system made by Ukrainian Lingua-Information Fund, NAS of Ukraine, based on the theory of lexicographic systems, consists of three subsystems:

1) a computer library that combines the functions of the electronic catalog, the database and facilities for the processing of generalized storage objects, that is, heterogeneous information presented in the machine form: books, drawings, audio, video, graphic information, databases etc. [1];

2) an automated lexical file system consisting of a texts database (library); Segment bases (microcontexts) obtained from these texts; set of algorithms by which these segments (microcontexts) are extracted; set of all wordforms of the segment base (microcontexts); the set of all complete paradigms for all wordforms of the segments base (microcontexts); dictionary with the necessary information retrieval functions; search-bibliographic block; a block of statistics and control over the new words input-

ting to the dictionary [2];

3) vocabulary subsystem which is convenient functional environment for working with texts and dictionaries in Ukrainian. [3].

All subsystems described above are united into a single system with the help of the integration program shell «Lexicograph» which provides cross-navigation across all subsystems. The described system creates the preconditions for complex automation of lexicographical activity, from the stage of vocabulary card indexes formation and vocabulary structure design and ending with the stages of the automated typing, pages layout making and dictionaries replication [3].

The system of the multilingual dictionaries creation named PolyDic ML v.3.0 implements the approach «from a computer dictionary to paper one», that is why it is a flexible system by which computer encyclopedic and linguistic dictionaries of different types can be made. The PolyDic ML v.3.0 system consists of two modules and software applications: the main software module – the editor for making and editing dictionaries (PolyDic ML Editor); a module for viewing and working with dictionaries (PolyDic ML Viewer) as well as application programs (including PolyDic ML Localizer – allows the user to locate or edit the system interface in a particular language) [4, 5].

The automated system for managing the integral dictionaries ASVIS, created at the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics, NAS of Ukraine, is a program implementation of the integral dictionary concept developed by the Institute. Today, within the framework of this system, a subsystem SIFORS for the dictionaries formation is created, which is oriented on the management of terminological databases [6].

The adaptive linguistic system ALISA, created at the Institute of Applied Informatics, NAS of Ukraine, is a natural language linguistic processor oriented to a number of functions, in particular, automated creation of dictionaries, thesauri, phraseological, terminological databases [6].

The system of support for multilingual terminology dictionaries SLOVO, created at Lviv Polytechnic University, can be used to prepare dictionaries for publication [6].

The complex for the creation of dictionaries provides the development and support of an electronic user dic-

tionary in any chosen domain area [7]. The complex consists of electronic dictionary shell and tools for filling (replenishment) the new articles to the dictionary. The shell implements the wordform normalization using a morphological analyzer; the searching for an article in a normalized wordform (lexeme) and displaying in the window of the article found.

Thus, the reviewed computer systems for the formation of lexicographical resources implement the functions of creation, replenishment and use of lexicographical resources, but they do not provide the user with the opportunity to analyze existing electronic dictionaries and automatically extract the necessary information from them.

The purpose of this article is to solve the problem of automated creation and replenishment of users' electronic lexicographical resources based on strongly structured electronic information arrays processing

Materials and methods. The main function of the developed information system is automated extraction the necessary material from the existing electronic lexicographical resources, based on the lists of dictionary markers. Dictionary markers are a lexicographic abbreviated designation, which given in the dictionary article and contains lexical, grammatical, stylistic and other features of the lexeme [1].

Proceeding from the aforementioned and general requirements for modern information systems [8], the architectural structure of the information system under development should correspond to the following basic principles:

- compliance with current and future goals, as well as functional strategic objectives of the information system;
- information system universality;
- providing user-accessible structuring of data and a sufficient depth of their description;
- providing the required search operativeness and performing analytical-synthetic queries;
- flexibility and the ability to develop and increase the functions and resources of the information system according to the evolution of the using sphere and objectives of its use;
- providing of remote authorized users' access for information system using based on modern GUI;
- realization of technological functions inherent to such information systems (providing integrity, consistency, minimizing data redundancy, data protecting from users' incompetent actions and the possibility of data recovery).

To create the information system for the creation and replenishment of users' electronic lexicographical resources a system approach was chosen, which consists in the complex study of the object as a whole with the representation of its parts as purpose-oriented systems and the study of these systems and the relations between them. In the system approach, an object is considered as a set of interconnected elements of one complex dynamic system, which is in a state of constant changes under the influence of many internal and external factors associated with the processes of transforming input resources on the output. The system approach is based on the following principles: the absolute priority of the ultimate goal, unity, connectivity, modular construction, hierarchy, functionality, development, decentralization, taking into account uncertainties and randomness in the system[8].

Significant features of the system approach are: simultaneous coverage of designing a large number of tasks; maximum typification and standardization of solutions; multi-dimensional representation of the structure of the information system as a system consisting of several classes of elements, and their relative autonomous development; key role of databases; local implementation and increase of functional tasks [8].

Since in the system approach, as already noted above, an object is considered as a set of interconnected elements of one complex dynamic system, the information system can be considered a set of functional subsystems and relationships between them. Functional subsystem is the information system part, highlighted by the functional features commonality. Information system functional decomposition determines the allocation of subsystems, i.e., for what scope it is intended and which main goals, tasks and functions performs. Depending on the complexity of the object, the number of functional subsystems may be different [9].

For allocation the information system functional subsystems the following requirements must be met:

- the tasks that make up the subsystem should not interfere with each other;
- the tasks solved in subsystems, should be closely related to each other in the information plan, that is, when solving them should use a single input information, and the results of solving some tasks should be used to solve the other;
- the results of the decision must have a single consumer [9].

For allocation the information system functional subsystems, their parameters must be determined: the purpose of the subsystem's functioning, the type of resources, and the features of the indicators that are calculated in the subsystem.

The functional subsystems exploitation requires the availability of appropriate resources that creating by the information system's supporting subsystems: mathematical, algorithmic, informational, software, organizational, methodological, technical, linguistic, legal, ergonomic. Let us consider in more detail some of them for the developed information system for the automated creation and replenishment of users' electronic lexicographical resources.

The mathematical support of the information system is a collection of mathematical methods and models used in the information system [8]. Models of lexicographical units' identification by markers in the texts of existing lexicographical resources are used as a mathematical support of the developed information system. Mathematical models were developed using the apparatus of finite predicate algebra and the method of comparative identification. As external identifiers, it is proposed to take $x_1 \div x_n$, which determine the presence of a particular marker in the dictionary article. These identifiers acquire the values *yes* – if the marker is present and *no* – if it is not present. The fields of change of these variables can be formally written in the form of the following equations: $x_1^{yes} \vee x_1^{no} = 1$, $x_2^{yes} \vee x_2^{no} = 1$, $x_3^{yes} \vee x_3^{no} = 1, \dots$, $x_n^{yes} \vee x_n^{no} = 1$. These identifiers are sufficient to identify the lexicographical units in the electronic lexicographical resources. Consequently, if the set of lexicographical

units from electronic dictionaries is denoted by $T = \{t_i\}$, and the set of identifiers chosen by us through X , then we can enter the predicate $P(t_i, X)$, which accepts the value of 1 in the presence of a identifier or 0 – in the opposite case $P(t_i, X) = P(t_i, (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n))$. That is, the predicate $P(t_i, X)$ implements the recognition of the lexicographic unit in the dictionary text.

On the basis of this model, the algorithm of the process carried out in the information system was constructed. This algorithm is an algorithmic support of the developed information system. The algorithm for the process of creating a user's lexicographical resource is presented in Figure 1.

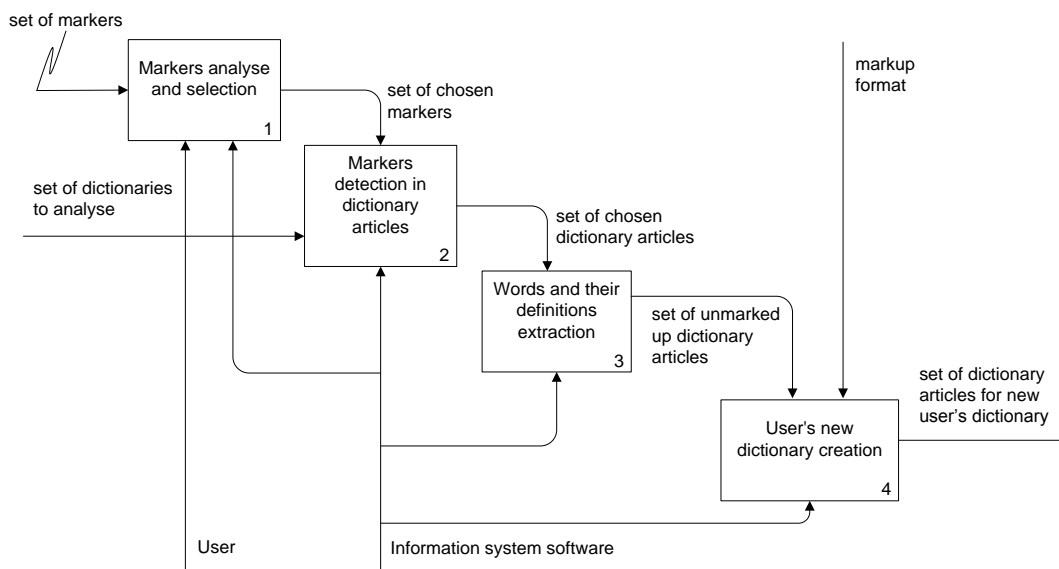


Figure 1. – The process of user’s automated electronic lexicographical resource creation

At first, the user from the default markers set in the system selects only the ones he needs. Then he downloads electronic dictionaries that he wants to analyze. The system searches for markers in dictionary articles downloaded for the analysis and extracts dictionary articles that have the markers. If the dictionary article consists of the several word definitions, system extracts just one of them that contains the marker. Vocabulary articles selected in this way or their parts are converted into vocabulary articles using a given set of markup rules, from which the new user dictionary is actually formed.

In addition to create their own dictionary based on the lists of markers, the user of the information system can:

- search for words;
- view information about words from the dictionary, such as their definitions and information about the marker by which the word was found;
- view other dictionaries available on the system;
- add dictionary articles manually through a special window for dictionary replenishment;
- edit dictionary articles manually through a special window for dictionary articles editing;
- delete dictionary articles and dictionaries;
- create, view, edit, delete markers and lists of markers;
- view information about markers, their meanings;
- search for markers.

The information system architecture includes databases, data processing tools, information resources access tools, user’s work organization tools, administration tools and data transaction tools. Information system software is a set of separate components. Each component imple-

ments a set of closely interconnected tasks, which ensures the implementation of the necessary set of operations over the data and the sequence of their implementation. The information system functioning is provided by the program, which is a set of software tools implementing the storage and processing environment, the data access interface and the shell for data processing. The data storage environment is the Microsoft SQL Server database management system. The exchange interface is implemented using the Apache web server. The shell for data processing is a program that implements the basic functions of the data management system. The program works through a web-interface. The using of the information system by the submitted architecture provides optimal organization of the user’s work with the information resources of the information system.

Thus, an information system for the automated creation and replenishment of users’ electronic lexicographical resources is developed as a tool and service of creating and replenishing an individual or corporate electronic dictionary that can be used by the user at his own discretion.

Discussion the results

According to the intergovernmental standard for information in librarianship and publishing business for the evaluation of the efficiency search and extraction of lexicographic units are used the coefficient of accuracy *Precision*, the coefficient of completeness *Recall*, the coefficient of noise *Fallout* and the coefficient of extraction error *Error*, which are determined by the following formulas:

$$Precision = \frac{a}{a + b}, Recall = \frac{a}{a + c}, Fallout = \frac{b}{a + b}, Error = \frac{b + c}{(a + b + c + d)}$$

where *a* – number of correctly extracted lexicographic units;

b – number of incorrectly extracted lexicographic units;
c – number of incorrectly unextracted lexicographic units;
d – number of correctly unextracted lexicographic units.

In total, about 700 electronic dictionaries have been analyzed according to different lists of markers; more than 5000 experiments were conducted. These values of coefficients are obtained: *Recall* = 0.97; *Precision* = 0.98; *Fallout* = 0.02; *Error* = 0.01. Since comparing the results with the results of other similar systems is not possible in the absence of systems with the same functionality, the results were compared with the results of systems with a similar functionality. The comparison showed a greater efficiency of the developed information system for solving the problem, since the values of the coefficients found in literary sources, containing the descriptions of other systems, vary within: for the *Recall* coefficient ranging from 0.79 to 0.86; for the *Precision* coefficient ranging

from 0.83 to 0.95.

In addition, the values of the *Precision* and *Recall* coefficients for the developed information system are close to the 1 that is the highest value that these coefficients can take, while the *Fallout* and *Error* coefficients are quite low, which also proves the efficiency of the developed information system.

Conclusions. Thus, information system of automated creation and replenishment of user's lexicographic resources is a system that provides satisfaction of the user's information needs in the lexicographical information processing, as well as lexicographical processing of information. The purpose of the information system is realized through its functions: automated creation of various purposes user's lexicographic resources, automated collection, processing, storage of lexicographic information, information support of users etc.

ЛИТЕРАТУРА

1. Широков В. А. Элементы лексикографии / В. А. Широков. – К. : Довіра, 2005. – 304 с.
2. Широков В. А. Информационная теория лексикографических систем / В. А. Широков. – К. : Довіра, 1998. – 331 с.
3. Широков В. А. Компьютерная лексикография / В. А. Широков. – К. : Наукова думка, 2011. – 352 с.
4. Кінаш Р. Система для укладання комп'ютерних версій словників PolyDic ML 3.0: функції та засоби редактора / Р. Кінаш, Р. Мисак, Ю. Каличак, О. Мельник // Проблеми української термінології: Збірник наукових праць учасників 11-ї Міжнародної наукової конференції. – Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2010. – С. 38-42
5. Мисак Р. Комп'ютерні словники: класифікація та укладання / Р. Мисак // Проблеми української термінології: Збірник наукових праць учасників 10-ї Міжнародної наукової конференції. – Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2008. – С. 52-55.
6. Дубічинський В.В. Українська лексикографія: історія, сучасність та комп'ютерні технології: Навчальний посібник / В. В. Дубічинський. – Харків : НТУ «ХПІ», 2004. – 203 с.
7. Хахалин Г. К. Комплекс по разработке индивидуальных и/или корпоративных электронных толковых словарей / Г. К. Хахалин, Н. К. Богданов, С. В. Платонов: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.raai.org/about/persons/khakhalin/pages/kogmod2000.doc
8. Береза А.М. Основы створення інформаційних систем: Навчальний посібник / А. М. Береза. – 2-ге видання, перероблене і доповнене. – К.: КНЕУ, 2011. – 205 с.
9. Борисова Н.В. Інформаційна система автоматизованого формування лексикографічних ресурсів / Н. В. Борисова, І. С. Ямшанов // Проблеми інформаційних технологій. – 2014. – № 1(015). – С.193-199

REFERENCES

1. Shirokov V. A. Elements of lexicography / V. A. Shirokov. – K. : Dovira, 2005. – 304 p.
2. Shirokov V. A. Information theory of lexicographical systems / V. A. Shirokov. – K. : Dovira, 1998. – 331 p.
3. Shirokov V. A. Computer lexicography/ V. A. Shirokov. – K. : Naukova dumka, 2011. – 352 p.
4. Kinash R. System for creating computer versions of dictionaries PolyDic ML 3.0: functions and features of editor / R. Kinash, R. Mysak, Yu. Kalychak, O. Melnyk // Problems of Ukrainian terminology: Collection of scientific works of the participants of the 11th International Scientific Conference. – Lviv: National University «Lviv Polytechnic», 2010.–P.38-42
5. Mysak R. Computer Dictionaries: Classification and Creation / R. Mysak // Problems of Ukrainian terminology: Collection of scientific works of the participants of the 10th International Scientific Conference. – Lviv : National University «Lviv Polytechnic», 2008. – P. 52-55.
6. Dubichynskiy V.V. Ukrainian lexicography: history, modernity and computer technologies: textbook / V. V. Dubichynskiy. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2004. – 203 p.
7. Khakhalin G. K. Complex for the development of individual and / or corporate electronic dictionaries / G. K. Khakhalin, N. K. Bogdanov, S. V. Platonov: [Electronic resource]. – Access mode: www.raai.org/about/persons/khakhalin/pages/kogmod2000.doc
8. Bereza A. M. Basics of information systems creation: textbook / A. M. Bereza. – 2nd edition, revised and supplemented. – K.: KNEU, 2011. – 205 p.
9. Borysova N. V. Information system for automated generation of lexicographical resources / N. V. Borysova, I. S. Yamshanov // The problems of information technologies. – 2014. – № 1(015). – P. 193-199

Применение области недопустимых значений параметров движения судов для безопасного расхождения при наличии мешающего судна

И. А. Бурмака

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

Paper received 16.12.18; Accepted for publication 21.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-14>

Аннотация. Рассмотрен аналитический способ определения маневра расхождения судов совместным маневром изменения курса одного судна и скорости второго в ситуации присутствия мешающего судна в районе маневрирования. Предложена компьютерная реализация такого способа, позволяющая выбор безопасного маневра расхождения для всех трех судов.

Ключевые слова: безопасность судоходства, расхождение судов, внешнее управление процессом расхождения, области опасных курсов, безопасное расхождение судов при наличии мешающего судна.

Введение. Плавание в стесненных водах затруднено интенсивным судоходством и навигационными опасностями, которые ведут к росту рисков возникновения аварий судов. Это обстоятельство ведет к установке станций управления движением судов (СУДС) в стесненных районах плавания с особенно интенсивным движением, которые предназначены для контроля процесса судоходства и обеспечения его безопасности, в том числе и предупреждения столкновений опасно сближающихся судов. Для эффективной работы СУДС необходимо их оснащение современными техническими средствами и информационными технологиями безопасного расхождения нескольких опасно сближающихся судов. Это обстоятельство обуславливает актуальность и перспективность исследования управления судами в ситуации опасного сближения при плавании в районах контроля СУДС.

Краткий обзор публикаций по теме. Многочисленные работы посвящены вопросам формализации взаимодействия судов в ситуации опасного сближения. С позиций локально-независимого управления процессом расхождения рассмотрена задача предупреждения столкновений судов в работах [1-8]. В работе [4] для выбора безопасного маневра расхождения судна с несколькими опасными целями используются методы теории оптимальных дискретных процессов. Описание процесса расхождения и выбор маневра предупреждения столкновения с помощью метода нелинейной интегральной инвариантности предлагается в работе [1]. Унифицированный подход к формализации взаимодействия судов при возникновении угрозы столкновения изложен в работе [5], с помощью которого предложена алгоритмизация МППСС-72, а работы [2, 3] посвящены формализации взаимодействия судов при расхождении методами теории дифференциальных игр. В монографии [6] предложен метод предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути, а книга [8] посвящена подробному исследованию принципа локально-независимого управления процессом расхождения и в ней разработан метод гибких стратегий расхождения, который с учетом требований МППСС-72 позволяет синтезировать стратегию расхождения судна с несколькими опасными целями. В работе [7] изложены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения.

Управление процессом расхождения судов с помощью СУДС реализует принцип внешнего полного управления, а его методы изложены в работах [9, 10, 11].

Цель. Целью настоящей статьи является разработка процедуры выбора безопасного маневра расхождения пары опасно сближающихся судов методами внешнего управления при наличии третьего мешающего судна.

Материалы и методы. В работе [12] для формирования области Ω_{KVj} опасных курсов одного судна и скоростей второго судна с учетом инерционно - тормозных характеристик второго судна была разработана компьютерная программа, реализующая предложенный в статье алгоритм расчета границы области.

В качестве примера была рассмотрена ситуация опасного сближения судов с параметрами: $\alpha=130^\circ$, $D=3$ мили, $K_1=130^\circ$, $V_1=22$ узла, $K_2=315^\circ$, $V_2=18$ узлов, $D_d=1$ мили, графическое изображение которой представлено на рис. 1. Прогнозируемое значение дистанции кратчайшего сближения равно $D_{\min}=0,1$ мили, что свидетельствует об опасном сближении судов.

Для приведенной ситуации опасного сближения судов на рис. 2 показана область Ω_{KVj} при снижении скорости второго судна пассивным торможением. Сочетание параметров расхождения судов $K_{1y}^{(s)}$ и V_{2y} на границе области обеспечивает дистанцию кратчайшего сближения $D_{\min f}=1$ мили. На рис. 2 выбрана стратегия расхождения судов с параметрами $K_{1y}^{(s)}=163^\circ$ и $V_{2y}=15,6$ узла (точка границы показана концентрическими окружностями), которые обеспечивают кратчайшую дистанцию расхождения $D_{\min f}=1,01$ мили. Для той же ситуации опасного сближения программой была сформирована область Ω_{KVj} при активном торможении второго судна, показанная на рис. 3.

На границе области Ω_{KVj} выбрана точка соответствующая параметрам стратегии расхождения судов $K_{1y}^{(p)}=85^\circ$ и $V_{2y}=18,4$ узла, при которых достигается $D_{\min f}=1,00$ мили.

Результаты и их обсуждение. В предыдущем пункте была получена процедура выбора безопасного совместного маневра расхождения судов с помощью области Ω_{KVj} при отсутствии каких-либо мешающих факторов, ограничивающих множество безопасных маневров расхождения.

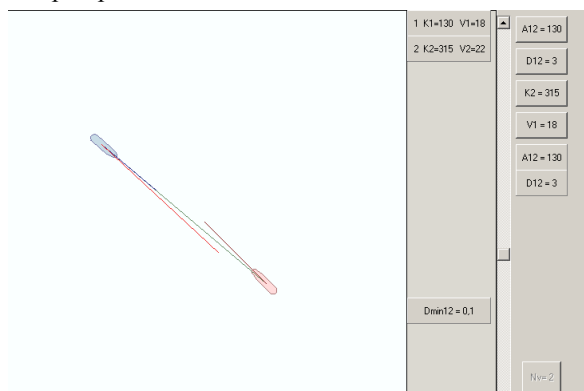


Рис. 1. Ситуация опасного сближения судов

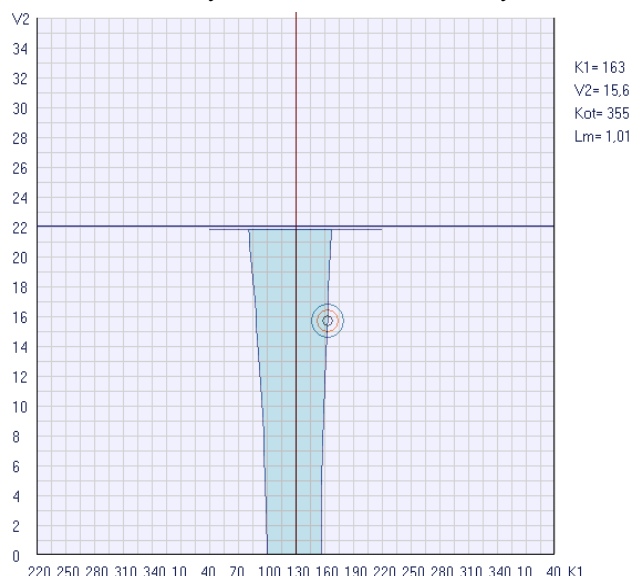


Рис. 2. Область Ω_{KVj} при пассивном торможении второго судна

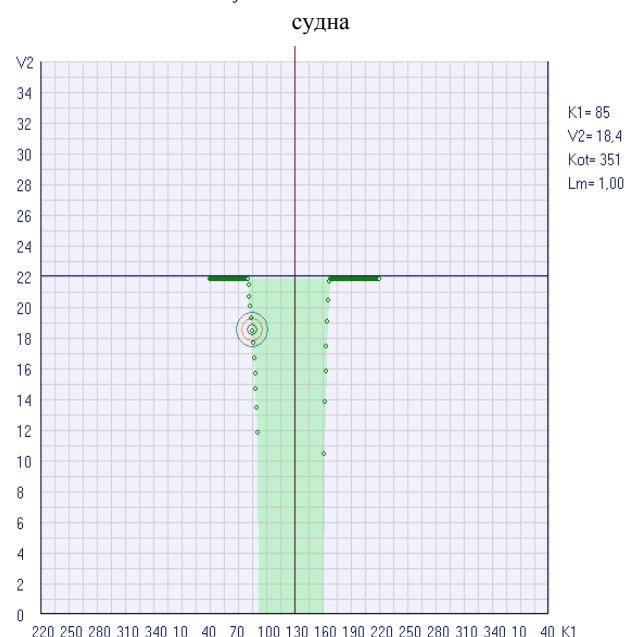


Рис. 3. Область Ω_{KVj} при активном торможении второго судна

Рассмотрим в районе предполагаемого маневрирования наличие третьего судна, которое не задействовано в процессе расхождения, однако ограничивающее маневр расхождения судов, так как может создать угрозу опасного сближения с одним из них или с обоими судами. Такое третье судно будем называть мешающим. При наличии мешающего судна параметры маневра расхождения K_{1y} и V_{2y} для безопасного расхождения должны удовлетворять условию превосходства дистанций кратчайшего сближения между судами над предельно-допустимой дистанцией сближения, что аналитически выражает следующим образом:

$$\begin{cases} \min D_{12}(K_{1y}, V_{2y}) \geq d_d, \\ \min D_{13}(K_{1y}) \geq d_d, \\ \min D_{23}(V_{2y}) \geq d_d. \end{cases} \quad (1)$$

При этом очень важным является соотношения прогнозируемых значений времени кратчайшего сближения каждой пары судов, которые зависят от начальных параметров их движения. Очевидно, при наличии мешающего судна следует рассматривать три значения времени кратчайшего сближения $\min t_{12}$, $\min t_{13}$ и $\min t_{23}$. Наиболее частая ситуация опасного сближения с мешающим судном характеризуется соотношением $\min t_{12} > \min t_{13} > \min t_{23}$. В этом случае для маневрирующих первого и второго судов следует сформировать область Ω_{KVj} недопустимых курсов первого судна и скоростей второго судна с учетом режима торможения, чем учитывается первое равенство системы (1). После выбора безопасного маневра расхождения, как точки (K_{1y}, V_{2y}) границы области Ω_{KVj} необходимо рассчитать значения дистанций кратчайшего сближения $\min D_{13}(K_{1y})$ и $\min D_{23}(V_{2y})$ соответственно первого и третьего, а также второго и третьего судов.

Дистанция кратчайшего сближения $\min D_{13}(K_{1y})$ между первым и третьим судами определяется, исходя из следующих соображений. Если обозначить дистанцию между первым и третьим судами после поворота первого судна на курс уклонения K_{1y} через D_{13k} , а пеленг - α_{13k} , то, учитывая, что оба судна следуют с неизменными параметрами движения K_{1y} , V_1 и K_3 , V_3 кратчайшая дистанция $\min D_{13}(K_{1y})$ определяется по известной зависимости [10]:

$$\min D_{13}(K_{1y}) = |D_{13k} \sin(K_{0t13} - \alpha_{13k})|,$$

где K_{0t13} - относительный курс

Для определения дистанции D_{13k} и пеленга α_{13k} необходимо найти разность координат ΔX_{13k} и ΔY_{13k} между первым и третьим судами после завершения поворота первого судна, исходя из значений начальных пеленга α_n и дистанции D_n .

Очевидно:

$$\Delta X_{13k} = D_{13n} \sin \alpha_{13n} - \Delta x_0 - V_3 \tau_1 \sin K_3,$$

$$\Delta Y_{13k} = D_{13n} \cos \alpha_{13n} - \Delta y_o - V_3 \tau_1 \cos K_3,$$

где Δx_o и Δy_o - приращение координат первого судна за время поворота τ_1 .

Значения дистанции D_{13k} и пеленга α_{13k} рассчитываются с помощью выражений:

$$D_{13k} = \sqrt{\Delta X_{13k}^2 + \Delta Y_{13k}^2},$$

$$\alpha_{13k} = \arcsin \frac{\Delta X_{13k}}{D_{13k}}.$$

В свою очередь, для определения дистанции кратчайшего сближения $\min D_{23}(V_{2y})$ между вторым и третьим судами необходимо рассчитать дистанцию D_{23k} и пеленг α_{23k} между ними в момент времени окончания торможения второго судна, когда его скорость расхождения v_{2y} станет неизменной. Для этого необходимо найти разность координат ΔX_{23k} и ΔY_{23k} между первым и третьим судами на указанный момент времени:

$$\Delta X_{23k} = D_{23n} \sin \alpha_{23n} - S \sin K_2 - V_3 \tau_b \sin K_3,$$

$$\Delta Y_{23k} = D_{23n} \cos \alpha_{23n} - S \cos K_2 - V_3 \tau_b \cos K_3,$$

где α_{23n} и D_{23n} - начальные пеленг и дистанция между вторым и третьим судами;

τ_b и S - время торможения второго судна и пройденное за это время расстояние, расчет которых производится в зависимости от режима торможения.

Дистанция D_{23k} и пеленг α_{23k} вычисляются с помощью формул:

$$D_{23k} = \sqrt{\Delta X_{23k}^2 + \Delta Y_{23k}^2},$$

$$\alpha_{23k} = \arcsin \frac{\Delta X_{23k}}{D_{23k}}.$$

Дистанция кратчайшего сближения $\min D_{23}(V_{2y})$ между вторым и третьим судами определяется с помощью выражения:

$$\min D_{23}(V_{2y}) = |D_{23k} \sin(K_{отy23} - \alpha_{23k})|,$$

где $K_{отy23}$ - относительный курс.

Для оценки безопасности маневра расхождения судов при наличии мешающего третьего судна была разработана компьютерная программа, которая при выборе маневра расхождения, соответствующего определенной точке границы области Ω_{KVj} , рассчитывает также дистанции $\min D_{13}(K_{1y})$ и $\min D_{23}(V_{2y})$, выводит их значения на экран монитора и сравнивает из предельно-допустимой дистанцией сближения.

В качестве примера на рис. 4 приведена ситуация опасного сближения судов при наличии третьего мешающего судна, которая характеризуется параметрами: $\alpha_{12}=313^\circ$, $D_{12}=3$ мили, $K_1=339^\circ$, $V_1=22$ узла, $K_2=102^\circ$, $V_2=18$ узлов, $d_d=1$ мили, $\alpha_{13}=25^\circ$, $D_{13}=3$ мили, $K_3=224^\circ$, $V_3=18$ узлов. Снижение скорости вторым судном производится активным торможением.

На рис. 5 показана область Ω_{KVj} опасных параметров курса одного судна и скорости второго судна для приведенной ситуации сближения трех судов. Выбран маневр расхождения, соответствующий точке границы области Ω_{KVj} с параметрами $K_{1y}=4^\circ$, $V_{2y}=13,9$ узлов. Программой были рассчитаны дистанции кратчайшего сближения $\min D_{13}(K_{1y})=0,16$ мили и $\min D_{23}(V_{2y})=0,60$ мили, которые меньше предельно-допустимой дистанции сближения. Данное обстоятельство на рис. 5 отражено в красном цвете информационных панелей вывода дистанций кратчайшего сближения.

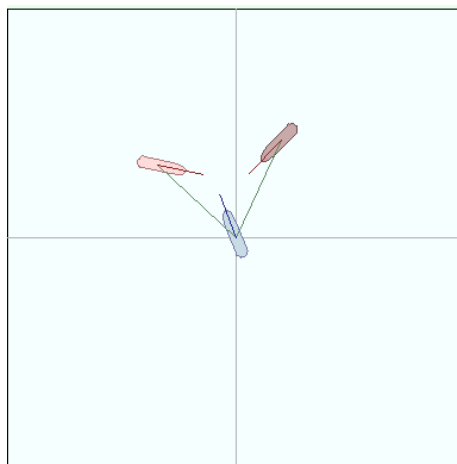


Рис. 4. Четвертая стандартная ситуация сближения трех судов

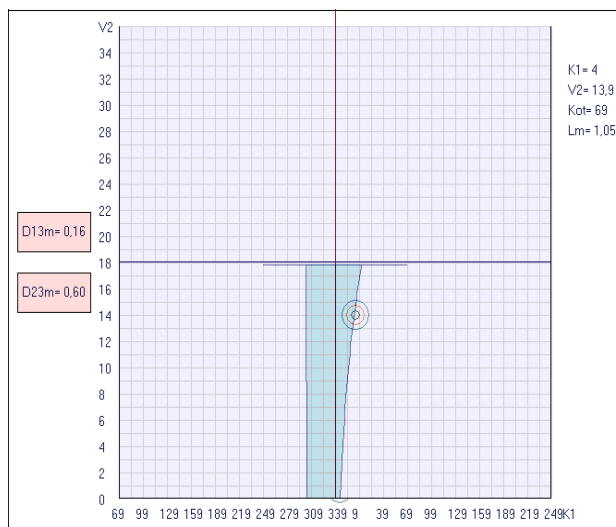


Рис. 5. Выбор маневра расхождения, опасного для третьего судна

На рис. 6 выбран другой маневр расхождения с параметрами $K_{1y}=349^\circ$ и $V_{2y}=4,5$ узла. В этом случае дистанция кратчайшего сближения $\min D_{13}(K_{1y})=0,59$ мили и $\min D_{23}(V_{2y})=1,20$ мили. Такой маневр расхождения также является неприемлемым, так как при допустимых дистанциях кратчайшего сближения $\min D_{12}(K_{1y}, V_{2y})$ и $\min D_{23}(V_{2y})$ дистанция $\min D_{13}(K_{1y})$ не обеспечивает безопасное расхождение судов.

Поэтому была осуществлена еще одна попытка выбора безопасного маневра расхождения, результаты чего показаны на рис. 7. На границе области Ω_{KVj} выбран маневр с параметрами $K_{1y}=296^\circ$ и $v_{2y}=7,15$ узла. Как следует из рисунка, первое и второе суда расходятся на дистанции 1,08 мили, дистанции $\min D_{13}(K_{1y})=2,04$ мили и $\min D_{23}(v_{2y})=1,03$ мили превосходят предельно-допустимую дистанцию сближения. Выбранный маневр безопасный для всех трех судов, что подтверждает зеленый цвет информационных панелей дистанций кратчайшего сближения.

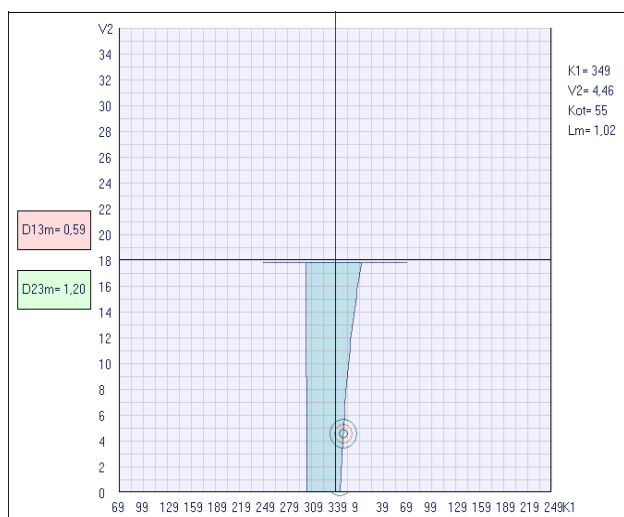


Рис. 6. Маневр с одним опасным сближением

Выводы

1. Рассмотрен аналитический способ определения маневра расхождения судов совместным маневром изменения курса одного судна и скорости второго в ситуации наличия мешающего судна в районе маневрирования..

2. Предложена компьютерная реализация предложенного способа, которая позволяет выбор безопасного маневра расхождения для всех трех судов.

3. Приведен пример выбора безопасного маневра расхождения судов при снижении скорости одного из судов активным торможением.

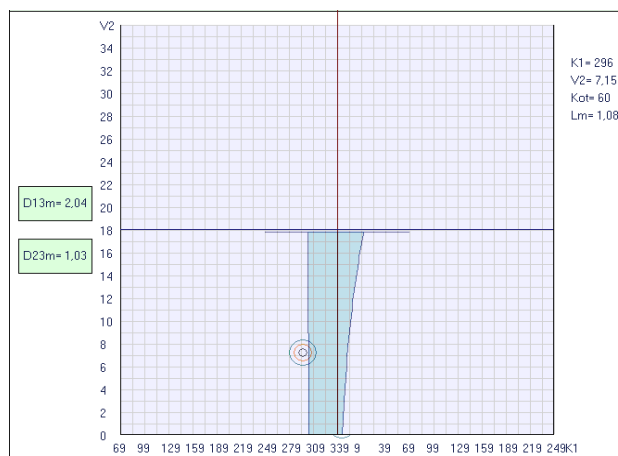


Рис. 7. Маневр расхождения безопасный для всех судов

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В.В. Некоторые вопросы алгоритмизации выбора маневра в ситуациях расхождения судов/ В.В. Павлов, Н.И. Сеньшин // Кибернетика и вычислительная техника. – 1985. - № 68. - С. 43-45.
2. 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. Вагушенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагушенко. – Одесса: Фенікс, 2013. – 180 с.
7. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Э.Н. Пятаков., С.И. Заичко // Судостроение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. - Одесса: "ИздатИнформ", 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.
12. Пасечнюк С.С. Использование маневра снижения скорости одного из судов при внешнем управлении процессом расхождения/ Пасечнюк С.С.// East European Science Journal, №5 (33), 2018, part 1. - С. 25 - 30.

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. Pyatakov E.N. Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatakov E.N., Buzhbeckij R.Y., Burmaka I.A., Bulgakov A. Y. - Kherson: Grin D. S.- 2015.- 312 p.
6. Vagushchenko L.L. Divergence with vessels by displacement on the parallel line of way / Vagushchenko L.L.- Odessa: Feniks.- 2013.- 180 p.
7. Pyatakov E. N. Estimation of efficiency of pair strategies of going away vessels / Pyatakov E. N., Zaichko S.I.// Sudovozhdenie.- 2008.- №15 .- p. 166 – 171.
8. 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., Pyatakov 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.
12. Pasechnjuk S.S. Using of maneuver change of speed one vessel in case external process control of divergence of ships/ Pasechnjuk S.S.// East European Science Journal, №5 (33), 2018, part 1. - C. 25 - 30.

Application of region of impermissible values of parameters of motion of vessels for safe divergence at presence of preventing ship

I. A. Burmaka

Abstract. The analytical method of determination of maneuver of divergence of vessels by the joint maneuver of change of course of one ship and speed of presence of preventing ship second in a situation in the district of maneuvering is considered. Computer realization of such method is offered, allowing the choice of safe maneuver of divergence for all three vessels.

Keywords: *safety of navigator, divergence of vessels, external process of divergence, region of dangerous courses control, safe divergence of vessels at presence of preventing ship.*

Експериментальне дослідження стійкості базових колісних платформ до впливу вибухонебезпечних предметів

Т. Л. Куртсеїтов, В. О. Дачковський*, Я. О. Кізяк, О. І. Угринович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського

*Corresponding author. E-mail: 1903vova@ukr.net

Paper received 13.12.18; Accepted for publication 20.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-15>

Анотація. У роботі досліджено вплив вибухонебезпечних предметів на базові колісні платформи. Для перевірки базових колісних платформ на стійкість до вибухонебезпечних предметів запропонована методика експериментального дослідження. На основі експериментальних даних отриманих під час лабораторного дослідження побудовано математичну модель впливу вибухонебезпечних предметів на базові колісні платформи, яка надає можливість оцінювати рівень їх захищеності та відновлюваності.

Ключові слова: експериментальне дослідження, базові колісні платформи, вибухонебезпечні предмети.

Вступ. Експериментальні дослідження стійкості базових колісних платформ до впливу вибухонебезпечних предметів мають вирішальне значення для обґрунтування достовірності розроблених методів і способів їх захисту, що пропонуються.

З метою отримання відомостей щодо оцінки відносних властивостей стійкості базових колісних платформ до уражаючої енергії вибухонебезпечних предметів, на першому етапі дослідження необхідно провести експериментальні випробування, які стануть основою для отримання емпіричних даних про поведінку багатьох елементів, критичних до енергії вибухонебезпечних предметів.

Отримані в ході експериментального дослідження дані допоможуть перевірити висунуту гіпотезу щодо захисту базових колісних платформ від уражаючої енергії, яка виникає в наслідок ініціювання заряду вибухової речовини цим самим призводить до виходу їх з ладу.

За результатами проведених попередніх досліджень з'ясовано, що параметри енергії вибуху в тій чи іншій мірі впливають на відновлюваність базових колісних платформ, які отримали пошкодження, це призводить до невиконання поставленого завдання та незабезпечення необхідного рівня технічної готовності. В основі зазначеного механізму впливу лежить комплекс фізичних процесів, які супроводжують процес отримання пошкоджень.

Аналіз публікацій. В роботах [1–2], що присвячені дослідженню стійкості базових колісних платформ, визначені параметри пробивної здатності вибухонебезпечних предметів, в роботі [3] присвяченій визначенню шляхів захисту від вибухонебезпечних предметів приведено результати спостереження щодо визначення ступеня пошкодження базових колісних платформ, які отримали ураження від вибухонебезпечних предметів, але не визначено, як саме залежить відновлюваність зразків від ступені отриманих пошкоджень в залежності від маси вибухонебезпечних предметів, їх відстані до об'єкта ураження, кута нахилу захисних екранів, товщини захисних екранів, тощо. В роботі [4] на основі теоретичних досліджень побудовано математичну модель захищеності базових колісних платформ від вибухонебезпечних предметів. Визначено гранично допустимі межі енергії вибухової речовини під дією якої зразок отримує пошкодження, які впливають на рівень його відновлюваності.

Однак, невирішеним залишається питання, перевірки рівня захищеності базових колісних платформ на стійкість до впливу енергії вибуху за тих же умов, що і в роботі [4]. Також становить інтерес питання рівня відновлюваності базових колісних платформ, які отримали

пошкодження.

Визначення рівня захищеності базових колісних платформ доцільно проводити за допомогою зручних у використанні експериментально-статистичних методів математичного моделювання процесу впливу енергії вибуху на базові колісні платформи.

Мета. Тому, метою даної статті є викладення основних підходів щодо розроблення методики експериментального дослідження впливу енергії вибуху на базові колісні платформи, вибір плану експериментального дослідження та побудова, на основі обробки експериментальних даних, математичної моделі стійкості базових колісних платформ. Це дасть змогу провести порівняльну оцінку стійкості базових колісних платформ із застосуванням захисних екранів та без них.

Результати та їх обговорення. Енергія спрацювання вибухонебезпечних предметів супроводжується комплексом взаємозалежних параметрів та явищ і може розглядатися як складна система зі значним числом взаємозалежних параметрів. Крім того, при вивченні цього процесу часто доводиться стикатися з невизначеністю, викликану низкою причин (відсутністю можливості врахувати усі фактори, що впливають, випадковий характер ряду зовнішніх впливів, недосконалість засобів вимірювання та контролю, тощо). При дослідженні такої системи на основі детерміністичного підходу, коли досліджується механізм всіх явищ, створюється теорія процесу, на підставі якої система задається суворо детерміністичною моделлю, зазвичай у вигляді диференціальних рівнянь. Такі дослідження вимагають значної витрати часу і коштів, тому при вивченні такого роду явищ найчастіше використовують стохастичний підхід, при якому абстрагуються від ряду явищ, які відбуваються в системі. У цьому випадку застосовують експериментально-статистичні методи досліджень, при яких реальні процеси розглядаються, як процеси ймовірності, а сам об'єкт дослідження представляється у вигляді кібернетичної системи, що досліджується за допомогою математичного моделювання [5].

Для розрахунку моделі потрібно в процесі експерименту накопичити інформацію про значення відгуку, який досліджується в обраній області факторного простору. Найбільш ефективно це можна зробити за допомогою активного експерименту на основі багатофакторного планування [6–7]. Внаслідок зазначеного експерименту є можливість побудови математичної моделі з метою однозначного визначення

значень показників X і y .

Таким чином, в основу методики покладений експериментально-статистичний метод математичного моделювання процесу впливу енергії вибухонебезпечних предметів на базові колісні платформи, при якому експеримент розглядається як основне джерело інформації про процес, а методи теорії ймовірності та математичної статистики – основним засобом обробки результатів експерименту.

Експериментальні дослідження включають досить великий комплекс взаємозалежних послідовних операцій, які можна розбити на кілька етапів [8]. Логічна послідовність проведення експериментального дослідження показана на рис. 1. Слід зазначити, що спланований експеримент може бути успішним тільки за низки умов.

Перш за все, об'єкт дослідження повинен бути керованим, тобто повинна бути можливість однозначного встановлення зазначених факторів в обраній області і однозначного визначення відповідних їм відгуків. Крім того, вихідні показники (відгуки) повинні бути кількісними і підлягати вимірюванню при будь-якому можливому поєднанні обраних рівнів факторів. Фактори повинні бути незалежні один від одного, однозначні і сумісні. Досліджуваний процес має здійснюватись у всій області обраного факторного

простору, тобто у всьому діапазоні зміни обраних факторів. Крім того, об'єкт дослідження повинен задовольняти вимогу відтворюваності при багаторазовому повторенні одного і того ж досліду а його відгуки повинні мати розкид, що не перевищує деякої заданої величини.

Задача розраховувалась знаходженням мінімуму функції відгуку. Для отримання вказаних функцій проведено експериментальне дослідження.

В дослідженні змінними прийняті наступні фактори:

m – маса вибухової речовини ; L – відстань до захисного екрану; h – товщина стінки екрану.

В якості параметрів оптимізації прийнятий припуск на обробку. На основі апріорної інформації були вибрані рівні інтервали варіювання факторів.

Для отримання моделі процесу у вигляді поліному другого ступеня реалізовано не композиційний план другого порядку.

Обрана матриця планування задовольняє загальним властивостям матриць планування, що дозволяє швидко розрахувати цільову функцію.

Симетричність відносно нульового рівня, тобто алгебраїчна сума елементів стовпця кожного фактора, дорівнює нулю.

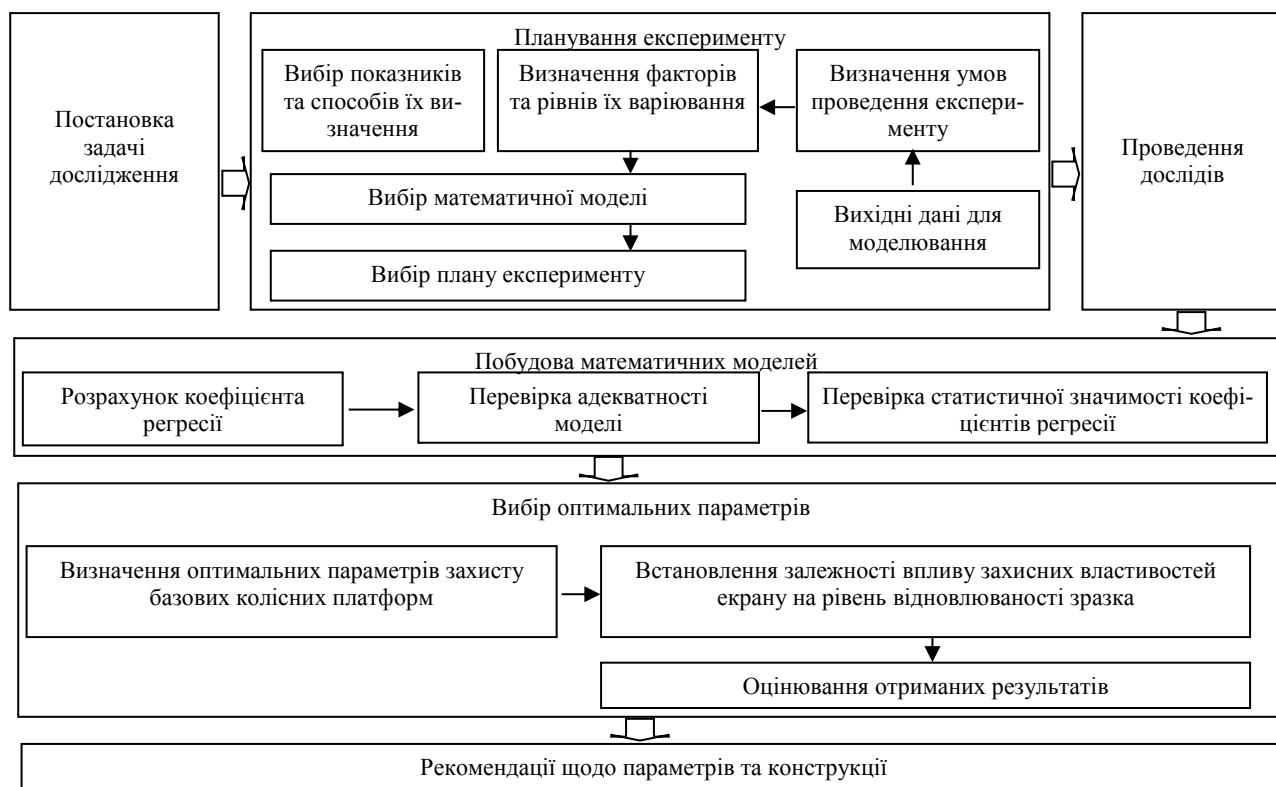


Рис. 1. Методика експериментального дослідження впливу енергії вибухонебезпечних предметів на базові колісні платформи

Сума квадратів елементів стовпця кожного із факторів дорівнює кількості дослідів (властивість нормування).

Добуток будь-яких двох різних вектор-стовпців факторів дорівнює нулю.

Дисперсії передбачених значень параметра оптимізації однакові на рівних відстанях від нульового рівня (властивість ротатабельності матриці планування).

Рівняння регресії запишемо у вигляді:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (1)$$

Таблиця 1. Допоміжна таблиця для розрахунку дисперсії S_y^2

Номер дослідів в центрі плану	y	\bar{y}	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
5	80,3	80,5	-0,2	0,04000
10	80,5		0	0,00000
15	80,7		0,2	0,04000

Визначення коефіцієнтів моделі:

$$b_0 = 80, b_1 = 0,7, b_2 = 0,725, b_3 = 0,725, b_{12} = -0,275, b_{13} = -0,425, b_{23} = -0,175, b_{11} = 0,96250, b_{22} = 1,36250, b_{33} = 1,76250$$

Дисперсію s_y^2 параметра оптимізації знаходимо за результатами дослідів в центрі плану (досліди 5, 10, 15). Для розрахунку дисперсії складаємо допоміжну табл. 1.

$$S_E = (y_5 - \bar{y}_{5,10,15})^2 + (y_{10} - \bar{y}_{5,10,15})^2 + (y_{15} - \bar{y}_{5,10,15})^2 = 0,08$$

$$s^2\{y_z\} = \frac{S_E}{3-1} = 0,04000$$

Дисперсія коефіцієнтів регресії буде становити:

$$s^2\{b_0\} = \frac{1}{3} s_y^2 = 0,496521$$

$$s^2\{b_i\} = \frac{1}{8} s_y^2 = 0,304056$$

$$s^2\{b_{ii}\} = \frac{1}{4} s_y^2 = 0,43$$

$$s^2\{b_{ii}\} = \frac{13}{48} s_y^2 = 0,447558$$

Згідно рівняння регресії всі коефіцієнти перераховуємо з використанням метода найменших квадратів.

Після розрахунку даної системи рівнянь отримуємо наступні коефіцієнти:

$$b_0 = 81,338462, b_1 = 0,7, b_2 = 0,725, b_3 = 0,725, b_{12} = -0,275, b_{13} = -0,425, b_{23} = -0,175, b_{11} = 0,8576923, b_{22} = 1,36250, b_{33} = 1,657692$$

1. Рябов Д.М. Методы снижения поражающего воздействия на экипаж броневомобиля при подрыве/Д.М. Рябов, А.А. Смирнов, Д.О. Бутарович//Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. – 2011. - №52. – С. 43-46.

2. Котиев Г.О., Смирнов А.А., Федотов М.В., Бутарович Д.О., Карташов А.Б. Разработка бронетранспортера для внутренних войск/«Вопросы оборонной техники», серия16, выпуск5-6, 2009.

3. Физика взрыва. Под ред. Л.П. Орленко. – Изд. 3-е, испр. –В2 т. Т.1-М.: Физматлит, 2004. –832 с., Т.2-М.6: Физматлит, 2004. – 656 с.

4. Бутарович Д.О. Повышение противоминной защищенности бронированной колесной техники при помощи защитных экранов из пористых энергопоглощающих металлов / Д.О. Бутарович, Д.М. Рябов, А.А. Смирнов // Вопросы оборонной техники. – 2011. – Серия №16, вып. № 1-2. – С.52-57.

5. Зажигаев Л.С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента / Зажигаев Л.С., Кишьян А.А., Романиков Ю.И. –М.: Атомиздат, 1978. – 232 с.

6. Барабашук В.И. Планирование эксперимента в технике / Барабашук В.И., Креденцер Б.П., Мирошниченко В.И. – К.: Техника, 1984. – 200 с.

7. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – М.: Наука, 1976. – 280 с.

8. Цивин М.Н. Многофакторный эксперимент: графическая интерпретация данных – К.: ИГиМ, 2002. – 120 с.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ryabov D.M. Metody snizheniya porazhayushchego vozdeystviya na ekipazh broneavtomobilya pri podryve/ D.M. Ryabov, A.A. Smirnov, D.O. Butarovich // Moskovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet im. N.E. Baumana. – 2011. - №52. – S. 43-46.

2. Kotiyev G.O., Smimov A.A., Fedotov M.V., Butarovich D.O., Kartashov A.B. Razrabotka bronetransportera dlya vnutrennikh voysk/«Voprosy oboron-noy tekhniki», seriya16, vypusk5-6, 2009.

3. Fizika vzryva. Pod red. L.P. Orlenko. – Izd. 3-ye, ispr. –V2 t. T.1-М.: Fizmatlit, 2004.-832 s., T.2-М.6: Fizmatlit, 2004. – 656 s.

4. Butarovich D.O. Povysheniye protivominnoy za-shchishchonnosti bronirovannoy kolesnoy tekhniki pri pomo-shchi zashchitnykh ekranov iz poristyykh energopoglashchayushchikh metallov /

REFERENCES

Рівняння регресії для отримає вигляд:

$$y = 81,33 + 0,7x_1 + 0,725x_2 + 0,750x_3 - (2) - 0,275x_1x_2 - 0,425x_1x_3 - 0,175x_2x_3 + 0,857x_1^2 + 1,362x_2^2 + 1,657x_3^2$$

Адекватність отриманої моделі перевіряємо по F – критерію. Для обчислення дисперсії s_{ad}^2 адекватності знаходимо суму S_R квадратів відхилень розрахункових значень y_a від експериментальних y_a у всіх точках плану

$$s_R = \sum (y_z - y_z)^2 = 0,45113$$

Знаходимо дисперсію адекватності

$$s_{ad}^2 = \frac{S_R - S_E}{N - k' - (n_0 - 1)} = 0,12371055$$

Розрахункове значення F – критерію.

$$F_p = \frac{s_{ad}^2}{s^2\{y_z\}} = 3,092 < F_T = 19,3$$

Отже, отримана математична модель (2) адекватна при 5% рівні значимості так як $F_p < F_T$

Висновки. Аналізуючи виявлену в результаті багатофакторного експерименту закономірність впливу енергії вибуху на базові колісні платформи, можна зробити висновок, що параметри енергії вибухонебезпечних предметів впливають на відновлюваність базових колісних платформ.

Доцільність застосування захисних екранів для підвищення рівня відновлюваності підтверджується отриманими результатами.

Experimental study of stability of base wheel platforms to the influence of explosive objects

T. L. Kurtseitov, V. O. Dachkovskiy, Y. O. Kizyak, O. I. Uhrynovych

Abstract. The effect of explosive objects on basic wheel platforms is investigated in this work. For testing of basic wheel platforms for resistance to explosive objects, the method of experimental research is proposed. On the basis of experimental data obtained during the laboratory research, a mathematical model of the impact of explosive objects on the base wheel platforms was developed, which provides an opportunity to assess the level of their security and restoration.

Keywords: experimental research, base wheel platforms, explosive objects.

Geometrically Nonlinear Transversal Vibrations of Corrugated Cylindrical Shells

M. V. Marchuk^{*1,2}, T. V. Goriachko¹, V. S. Pakosh¹, O. F. Lesyk³

¹Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics, NASU, L'viv, Ukraine

²National University «L'viv Polytechnic», L'viv, Ukraine

³Ternopil' National Economic University, MESU, Ternopil', Ukraine

^{*}Corresponding author. E-mail: mv_marchuk@ukr.net

Paper received 10.12.18; Accepted for publication 17.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-16>

Abstract. The expressions for the geometric characteristics of the median surface of the corrugated cylindrical shell, depending on the frequency and amplitude of the corrugation, are obtained. The character of the dependence of the first natural frequency of geometrically nonlinear vibrations of corrugated elongated cylindrical panels on the corrugation frequency is investigated.

Keywords: corrugated cylindrical shell, vibrations, natural frequencies, geometrically nonlinearity.

Introduction. Shell elements are one of the most common components of loaded structures and structures of various intended use. This is due to their rational material capacity and the ability to provide the necessary stiffness in certain areas that require operating conditions. Among the various types of shells, a special place is occupied by circular cylindrical shells and their fragments. A large number of works [10] is devoted to the simulation of deformation and the methods of their calculation for the actions of both static and dynamic loads. Less investigated are cylindrical shells coiled in the direction of the circular coordinates, especially for dynamic geometrically nonlinear deformation, in particular their transverse oscillations. To avoid resonance phenomena due to the effects of intense vibration loads, it is necessary at the design stage to determine the spectra of the natural frequencies of the specified structural elements.

Linear free vibrations of corrugations in the direction of the angular coordinates of cylindrical shells were investigated in [3, 7–9]. In [1, 4, 11] their geometrically nonlinear vibrations were investigated. Various applied shell theories were used for this purpose. However, such an approach does not allow fully (exactly) take into account the geometry of the middle sections of such shells and the specificity of the elastic characteristics of materials used for their manufacture. In order to eliminate this shortcoming in this paper, a method is presented for determining the amplitude-frequency characteristics of corrugated cylindrical shells on the basis of spatial dynamic geometrically nonlinear relations of the theory of elasticity.

Problem statement. At first, consider the thin curvilinear elastic layer in thickness h with a cylindrical median surface of the radius R . We refer this surface to the natural mixed coordinate system $\alpha_1 = \varphi$, $\alpha_2 = z$, $\alpha_3 = r$ (see Fig. 1).

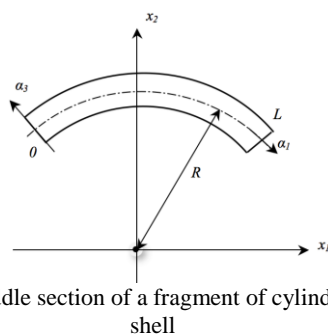


Fig. 1. The middle section of a fragment of cylindrical circular shell

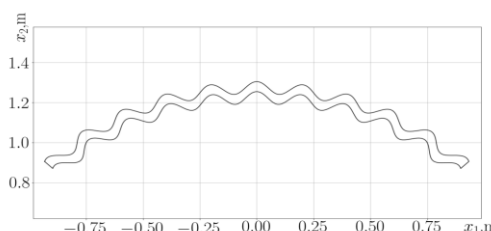


Fig. 2. The middle section of a fragment of corrugated cylindrical circular shell

Now let the mid-section of the layer have the form, as in Figure 2. We introduce on its mid-surface the same as for a circular cylindrical surface, a mixed coordinate system $\alpha_i, i = 1, 2, 3$, which is connected with Cartesian $x_i, i = 1, 2, 3$ by relations

$$\begin{aligned} x_1 &= (R + \alpha_3 + g_A \cos(g_v a(\alpha_1))) \cos(a(\alpha_1)); \\ x_2 &= (R + \alpha_3 + g_A \cos(g_v a(\alpha_1))) \sin(a(\alpha_1)); \quad x_3 = \alpha_2 \quad (1) \end{aligned}$$

where R – the radius of the median surface of the circular cylindrical shell, the upper and lower facial surfaces of which pass through the vertices of the corrugations; $L = \alpha_1^0$ – the length of the arc of the creature; g_A – amplitude of corrugation; g_v – corrugation frequency; $a(\alpha_1) = \pi/2 + K(L/2 - \alpha_1)$; $K = 1/R$.

Functions that determine the characteristics of a geometrically nonlinear vibration process describe the dependencies [6]:

1. motion equations

$$\text{div} \hat{S} = \rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} \quad (2)$$

2. elasticity relations

$$\hat{\Sigma} = \tilde{A} \otimes \hat{\varepsilon} \quad (3)$$

3. deformation relation between the strain tensor components $\hat{\varepsilon}$ and the components of the elastic displacement vector $\vec{U} = u_i \vec{e}_i \vec{e}_j$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (\nabla_i u_j + \nabla_j u_i + \nabla_i u^k \nabla_j u_k) \quad (4)$$

4. relation between the components S^{ij} of the nonsymmetrical Kirchhoff stress tensor \hat{S} and the components σ^{ik} of the symmetric Piola stress tensor $\hat{\Sigma}$

$$S^{ij} = \sum_k \sigma^{ik} (\delta_k^j + \nabla_k u^j) \quad (5)$$

In equations (2) and (3) \tilde{A} – tensor of elastic characteristics of the layer, and ρ – its density.

Boundary conditions on the front surfaces of the shell $\alpha_3 = \pm h/2$ for the free vibrations has the form

$$S^{3i}(\alpha_1, \alpha_2, \pm h/2, t) = 0, |\alpha_i| \leq \alpha_i^0, i = 1, 2 \quad (6)$$

and on its ends $\alpha_1 = \pm \alpha_1^0$ at their hinged fixing on the lower front surface $\alpha_3 = -h/2$:

$$S^{li}(\pm \alpha_1^0, \alpha_2, \alpha_3, t) = 0 \quad (7)$$

$$u_i(\pm \alpha_1^0, \alpha_2, -h/2, t) = 0, i = 1, 2, 3, a = 0, l \quad (8)$$

The motion equations (2) together with relations (3)–(5) and boundary conditions (6)–(8) are describe geometrically nonlinear transverse vibrations of the corrugated elastic layer.

Solution of the problem. For the radius vector of shell generatrix from (1) we have the expression

$$\vec{r}(\alpha_1) = \begin{pmatrix} (R + g_A \cos(g_v a(\alpha_1))) \cos(a(\alpha_1)) \\ (R + g_A \cos(g_v a(\alpha_1))) \sin(a(\alpha_1)) \end{pmatrix} \quad (9)$$

Radius vector of each point of the median cross-section of the layer

$$\vec{R} = \vec{r}(\alpha_1) + \alpha_3 \vec{n}(\alpha_1)$$

For vectors of the covariant base of the median surface of the corrugated layer (corrugated cylindrical shell) from (1) together with (9) we obtain:

$$\vec{R}_1 = (w \sin(a) + z \cos(a)) \vec{e}_1 + (-w \cos(a) + z \sin(a)) \vec{e}_2;$$

$$\vec{R}_2 = \cos(a) \vec{e}_1 + \sin(a) \vec{e}_2; \quad \vec{R}_3 = \vec{e}_3,$$

where $w = w(\alpha_1, \alpha_2) = q + g_A K \cos(g_v a)$;

$z = z(\alpha_1) = g_A g_v K \sin(g_v a)$; $\vec{e}_i, i = \overline{1,3}$ – the basic vectors of the Cartesian system $x_i, i = \overline{1,3}$.

For radius vector of the tangent to the generatrix we obtained the following expression

$$\vec{r}'(\alpha_1) = \begin{pmatrix} (1 + g_A K \cos(g_v a)) \sin(a) + g_A g_v K \sin(g_v a) \cos(a) \\ -(1 + g_A K \cos(g_v a)) \cos(a) + g_A g_v K \sin(g_v a) \sin(a) \end{pmatrix}$$

Then for the normal to the generatrix we gives

$$\vec{n}(\alpha_1) = \frac{1}{\sqrt{\vec{r}'(\alpha_1)_x^2 + \vec{r}'(\alpha_1)_y^2}} \begin{pmatrix} -\vec{r}'(\alpha_1)_y \\ \vec{r}'(\alpha_1)_x \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{(1 + g_A K \cos(g_v a))^2 + (g_A g_v K \sin(g_v a))^2}} \times \begin{pmatrix} (1 + g_A K \cos(g_v a)) \cos(a) - g_A g_v K \sin(g_v a) \sin(a) \\ (1 + g_A K \cos(g_v a)) \sin(a) + g_A g_v K \sin(g_v a) \cos(a) \end{pmatrix}$$

In Figures 3 and 4 depicts the location of vectors normal to the median surface of the corrugated cylindrical shell for two different corrugation frequencies.

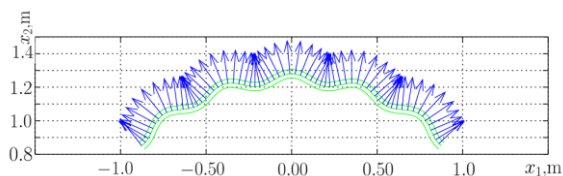


Fig. 3. Appearance of the section of the corrugated shell and normal to the median surface at $L = 1$ m, $R = 1.25$ m, $h = 0.05$ m, $g_A = 0.03$ m, $g_v = 20$

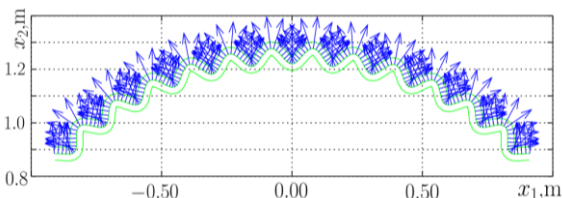


Fig. 4. Appearance of the section of the corrugated shell and normal to the median surface at $L = 1$ m, $R = 1.25$ m, $h = 0.05$ m, $g_A = 0.03$ m, $g_v = 50$

Similarly, we construct a covariant base and normal and tangent on the facial surfaces of the considered shell. This is necessary for the possibility of using the proposed and substantiated numerical method in [6] to find a finite number of natural frequencies and modes of elongated cylindrical shells with arbitrary form of generators in geometrically nonlinear vibrations. The method is based on the linear approximation of displacements of the shell points along the normal coordinate, in combination with the finite element method, according to the tangential coordinate on the median surface shell [2]. The resulting system of nonlinear algebraic equations with respect to approximation coefficients is solved by an improved perturbation method, which was proposed and theoretically substantiated in [5].

Numerical example and conclusions. As an object, an elongated cylindrical shell with a length of generatrix $2L = 2$ m, the radius of the median surface of the shell, whose facial surfaces pass through the edges of the corrugations, $R = 1.25$ m and elastic characteristics, are chosen: $E = 2.1 \cdot 10^{11}$ H/M², $\nu = 0.3$, $G = 8.1 \cdot 10^{10}$ H/M² and density $\rho = 8 \cdot 10^3$ kg/m³. The influence of corrugation frequency g_v on the minimum natural frequency ω_{\min} is investigated.

Table. The dependence of the ω_{\min} on the g_v

g_v	2	4	6	8	10	20	50	80	100	200	300	500
ω_{\min} [Hz]	799	775	692	1025	1056	3658	6383	6936	7709	5559	4914	3195

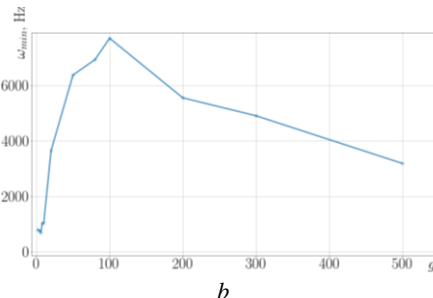
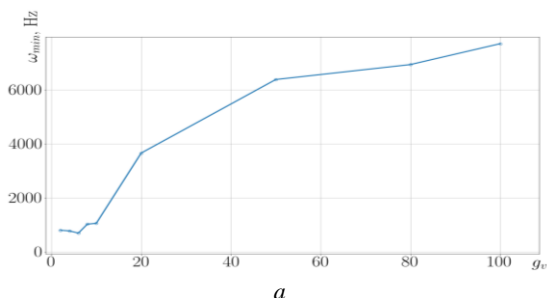


Fig 5. The dependence of the minimum natural frequency ω_{\min} on the corrugation frequency g_v

As can be seen from the results shown in the Table and graphs in Fig. 5 the minimum ω_{\min} is achieved at $g_v = 6$, which coinciding with the conclusions of article [7]. Also from Figure 5b it can be concluded that when $g_v \rightarrow \infty$ the value ω_{\min} goes to a certain value greater than the first

proper frequency of the non-circular cylindrical shells. This is due to the fact that the boundary transition obtained by the smooth shell has a greater thickness than the original non-enveloped shell.

REFERENCES

1. Ahmed Mousa Khalifa, Solving the Vibration Problem of Inhomogeneous Orthotropic Cylindrical Shells with Hoop-Corrugated Oval Cross Section, *Comptes Rendus Mécanique*, **343**, No.9 (2015) 482 – 494. Doi: 10.1016/j.crme.2015.07.007.
2. Bathe Klaus-Jurgen, *Finite Element Procedures*, 2nd Ed., Watertown, MA 2014. – 1063p.
3. G.R. Gulgazaryan, L.G. Gulgazaryan, Vibrations of a corrugated orthotropic cylindrical shell with free edges, *Int. Appl. Mech.*, **42**, Issue 12, 1398 – 1413 (2006).
4. Kim Young-Wann, Vibration Analysis of Longitudinally Corrugated Cylindrical Shells, *Transactions of the Korean Soc. for Noise and Vibration Eng.*, **26** (2016) 851 – 856.
5. Lewandowski R. Free Vibration of Structures with Cubic Non-linearity-remarks on Amplitude Equation and Rayleigh Quotient // *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* – 2003. – **192**(13). – P. 1681–1709.
6. M. Marchuk, T. Goriachko, V. Pakosh, Geometrically Nonlinear Free Transversal Vibrations of Thin-Walled Elongated Panels with Arbitrary Generatrix, *Vibrations in Physical Systems*, **26** (2014) 153 – 160.
7. S.V. Puzyrev, O svobodnykh kolebaniyakh nekrugovykh tsilindricheskikh obolochek s gofirovannym ellipticheskim secheniyem, *Zb. nauk. prats' Nats. un-tu korablebuduvannya*, **1**, (2013) 47 – 53.
8. S.V. Puzyrev, Issledovaniye svobodnykh kolebaniy gofirovannykh tsilindricheskikh obolochek, *Teoret. i prikl. Mekhanika*, **47**, No.1, (2010) 106 – 113.
9. N. P. Semenyuk, I. Yu. Babich, N. B. Zhukova, Natural Vibrations of Corrugated Cylindrical Shells, *Int. Appl. Mech.*, **41**, No.5 (2005) 512 – 519.
10. Werner Soedel, *Vibrations of Shells and Plates*, 3rd Ed., Rev. and Expanded. –Marcel Dekker, Inc., NY 2004. – 592 p.
11. Zeng He, Guixiang Liu, Wen Jiang, Zheng Huang, Dongliang Zhang, Nonlinear Dynamic Responses of a Corrugated Shell Structure under Uniform Load, *J. of Eng. Mech.*, **140**, Issue 6 (2014). Doi: org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000717.

Backup power of a solar power plant through mathematical modelling of processes

V. Onufrei¹, A. Marchenko¹

¹ National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Corresponding author. E-mail: onufrei@ukr.net

Paper received 13.12.18; Accepted for publication 20.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-17>

Abstract. In this paper, the justification of the introduction of additional backup power systems is described, as well as the proposed use of the mathematical apparatus of Petri Networks on the example of a solar power station with an adaptive reserve. On the basis of Petri networks, a dynamic model was created in Simulink. The results obtained through the program complex are completely identical with the expectations of the algorithm and the results of the dynamic model. This concept is a basic element of the future construction of a hierarchical reserve model, which will be based on the Petri High-Level Network.

Keywords: Petri's network, reserve, quality, unbalance, positions, transitions.

Introduction. The active increase in renewable energy generation (RE) capacity in the Ukrainian power grid puts the reserve energy infrastructure (REI) increasingly stringent requirements for selective switching, as well as the provision of a certain quality of power regulation at the points of dynamic change in electricity generation. The efficiency of the REI is determined by the absence of unacceptable risks associated with the nonlinear functioning of energy objects, the ability to capture power when the failure of certain components of the system and an independent choice reserving the unit. The analysis of solutions to compensate for unscheduled failures of regional capacities in most cases shows that it is the non-production of electricity that entails a change in the quality of the energy grid. The distinguishing feature of RE from ordinary generating capacities (for example, NPPs, TPPs) is their definite variability and direct dependence on weather parameters. On the basis of this and the capacity of the reserve, there should be another algorithm that takes into account the costs of compensating the imbalance and chooses the optimal backup path.

American and Chinese energy experts are actively engaged in developing solutions related mathematical modelling. [1]. With the help of dynamic modeling of separate sectors of management of energy complexes, using intelligent digital structures and taking into account the economic feasibility of their application, an optimal prediction of regulation is determined, which gives an idea of the further development of events in the system.

Literature review. The development of forecasting systems and artificial intelligence can be implemented through any mathematical apparatus [11]. At the moment, the most optimal is the Petri net, which can simulate any complex system. Behind the results of works [2,3,13,14], Petri networks can be actively used in high-power engineering, which will allow solving many problems associated with power control, balance and maintaining dynamic stability of the system.

Objective. The purpose of this work is to check the performance of the reserve of a solar power plant, the logic of which was modelled using Petri networks.

Materials and methods. The new generation of power systems [2] has certain intelligent control systems their control systems are typical discrete event systems that are based on a certain prediction of many situations. Thus, its generation, transmission, consumption, reservation and, in

general, their control can be modeled and analyzed [3,12] using Petri Networks (PN). The basis of this mathematical apparatus is interconnected by means of transitions ($t_1, t_2..t_5$), positions ($p_0, p_1..p_6$), which are the basic components of modelling of energy processes [4]. In addition, using PN is possible to simulate error predictions and outcomes of certain components of the system. In [5], PN are used to search for logic errors that can be used to identify the very elements of errors, even if protective relays or circuit breakers are faulty in electrical networks based on. For example, [6] presents a method for detecting and localizing irregularities, which occurs during accidents or overloads.

Depending on weather conditions, the generation of RE can vary in a wide range. The most sensitive to changes in natural properties are solar power plants (SPP), the production of which directly depends on the insolation and temperature of the environment. According to [7], in the summer, a surplus is recorded from the projected output of RE, but there are certain local problems with the deficit of these capacities, especially for areas with a "Solar Power Park". Given the fact that the percentage increase in RE in the energy balance of the UES of Ukraine will only increase [8], it is necessary to take into account the significant nonlinearity of power generation in the system with the help of an adaptive reserve, which will allow covering the balance with the least losses for the grid. To simulate such cases, it is advisable to create a conditional model of the SP, which will consist of a solar complex, its reserve, the external power grid, the consumer and a set of control elements (Fig. 1):

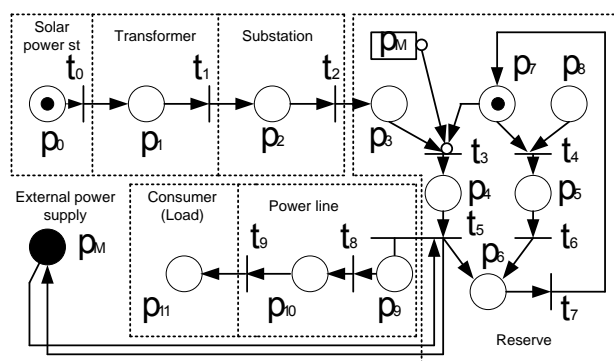


Fig. 1. The model of SPP with reservoir unit in the implementation of PN

It is worth emphasizing that this option is reserved by an asynchronous loop, which, for semantic reasons, allocates pairs of equivalent components of situations – input and output – or pairs of equivalent initiators and results. The task of constructing a working cycle can be solved, for example, by the "frontal" path - an iterative calculation of the values of the right parts of the system of equations for each of the states of the next tier and comparing them with the values of variables in these states. After detecting the disturbed variables, these variables can be "switched" and according to their new values can be built the status of the next tier, etc. For this kind of execution, a circuit was used to determine the equivalent "result - initiator" pair – in fact, it provides selectivity with different types of reductions and thus satisfies the restrictions (1):

$$F^m = (F(I^{**}) \cup F'(I^{**})) \cap (F(R^{**}) \cup F'(R^{**})) \quad (1)$$

when R^{**}, I^{**} – set of results and initialization of processes; F, F' – markers that specify cause-effect relationships of processes; S^m, S^n – mode sets.

Depending on the configuration, the model (Fig. 1) can operate in five modes:

- normal operation without compensation, scenario 0 (the tuple t_3 for entry position p_7 closed, as the value of the position p_3 doesn't go beyond the declared output power);
- compensation mode, scenario 1 (power value in position p_3 went beyond the declared power, capturing this

feature of the tuple t_3 opens a cell for triggering the entry of the reserve management position p_7 and thereby tightening power delivery. The system works until it is in position p_3 the limit value of power won't be restored, thereby returning to the scenario 0);

- compensation mode, script 2 (in position p_3 disappears and isn't observed any marker of power, thus giving an understanding of the tuple t_3 about the disappearance of power from SPP. In this case, the position p_7 begins to work with the maximum marker of power delivery until the marker occurs in p_3 and transition to scenario 1);

- flood mode, scenario 3 (when an external system needs an additional power, a control tuple signal p_M enters the tuple t_3 with a condition for inclusion, followed by a position p_7 begins to give power in parallel with the issuance of a position p_3 . The tuple p_M in normal mode in other modes turned off);

- error mode, scenario 4 (in case of improper operation, reserving the device in position p_8 there is an arbitrary token and the scheme goes into the state of verification [9]. In this mode, the unit is disconnected from the tuple t_3 and the marker goes the way $\langle p_8 - p_5 - p_6 - p_7 \rangle$. In this case, when after passing this route $p_7 = p_8$ – the unit is displayed for repair)

A complete description of the processes taking place in the work of certain scenarios is presented in the Petri diagram (Fig. 2), where the first elements $p_0..p_3$ are the internal characteristics of the SPP, and p_7, p_8 – reserve condition.

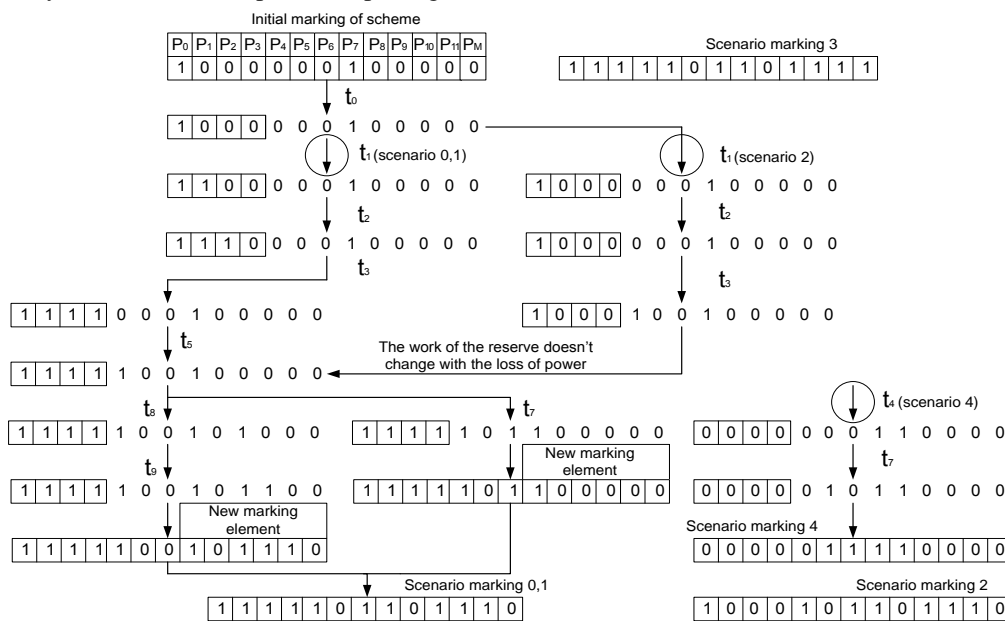


Fig. 2. Diagram of PN-marking for all scenarios of the system of the reserve system of the SPP

Scenarios 0 and 1 have a similar map of work of the system components, but with only one difference – depending on the input value of the marker on the tuple t_3 , the reserve device will correct this discrepancy to the nominal value. Scenario 2 is no different from scenarios 0 and 1, but the source of power in this variant is no longer SPP, but the reserve itself.

Results and discussion. For a detailed analysis of the processes in the system, transfer the model (Fig. 1) into

Simulink environment taking into account the dynamic characteristics of the generating element. In addition, the system component will include a three-phase programmable voltage source. Full model [13] positions of positions $p_0..p_3$ presented in Fig. 3, and the constituents of communication with the consumer and the power system in Fig. 4:

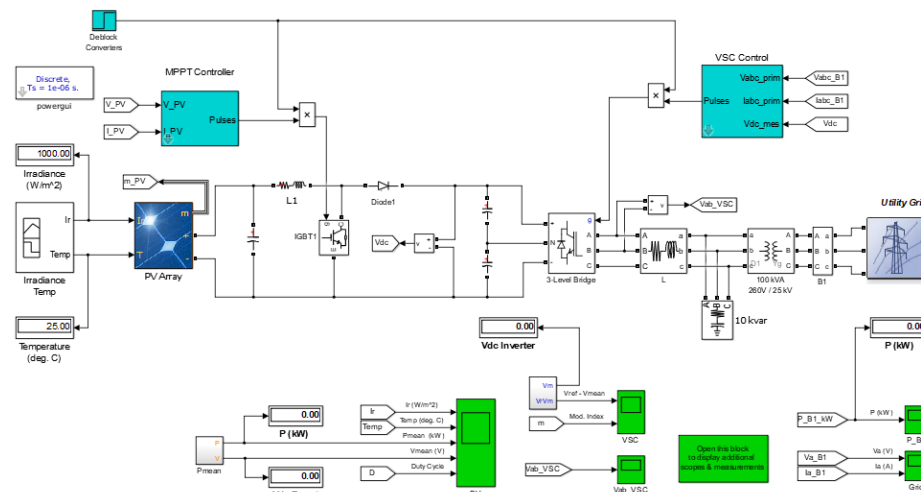


Fig. 3. The model of the generating plot of the scheme ($p_0..p_3$)

The generation system consists of a generating unit of the solar station (PV Array), a voltage controller (VSC Control) and a measuring unit (MPPT Controller), DC circuits and its transformation. The external network is

represented by the transmission system (Fig. 4), which includes lines and reserves the body on the side of the medium voltage.

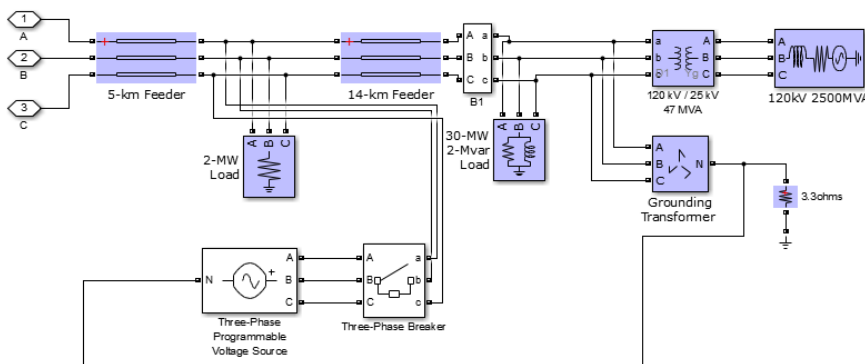


Fig. 4. Model of the transmission part together with the reservoir unit ($p_3..p_6, p_M$)

In order to verify the correctness of the logical processes in the system (Fig. 2), scenario 1 was modeled, in which the generation of the solar station varied depending on the parameters of solar radiation in 0,6-1,7 seconds, as well as with the temperature increase starting from 2,1 seconds. In order to test the operation of the backup device, the circuit with the infinite source of the power system is turned off (Fig. 5):

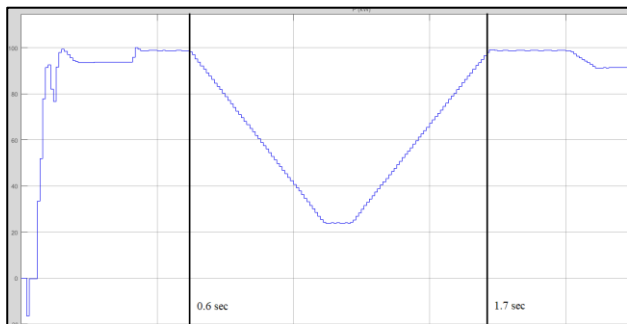


Fig. 5. The generation of SPP with changes in solar activity and temperature

Consider the area of change in solar activity with the use of a reserve unit in the initial and final moments of solar radiation (Fig. 6):

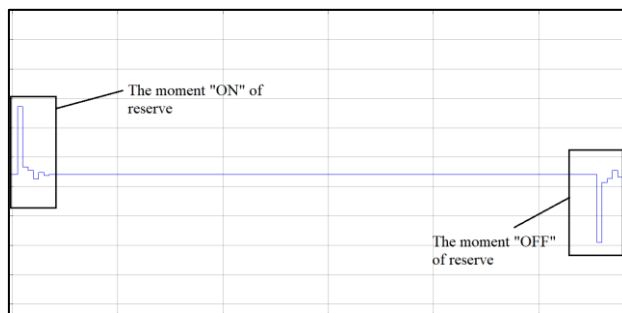


Fig. 6. Power reserve operation at the moment of solar activity change

From Fig. 6 it can be seen that a small jump occurs during on/off times, which is caused by a change in the system mode. During a change in solar activity, a change in power isn't observed, which gives an idea of good modelling and tuning of the backup device.

Conclusions. With a significant increase in the percentage of renewable energy sources, it's necessary to reserve the power data to prevent non-linear unbalances in the system. To accurately interpret the processes occurring in the system, it makes sense to use the mathematical apparatus of Petri Networks, which takes into account not only the asynchronous modes of operation of individual elements but synchronous parametric changes. The simu-

lation results confirm the effectiveness of the use of dynamic simulation based on the analysis of certain scenari-

os for the design of reserve systems and other power systems of the electric power industry.

REFERENCES

1. Lu, Ning. Power system modeling using Petri nets // A Thesis Submitted to the Graduate, Faculty of Rensselaer Polytechnic Institute in Partial Fullment of the Requirements for the Degree of PhD. New York – 2002.
2. H. W. Li, R. X. Lu, L. Zhou, B. Yang, and X. M. Shen, “An efficient Merkle-tree-based authentication scheme for smart grid,” *IEEE Syst. J.*, vol. 8, no. 2, pp. 655–663, Jun. 2014.
3. G. Ramos, J. L. Sanchez, A. Torres, and M. A. Rios, “Power systems security evaluation using Petri nets,” *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 25, no. 1, pp. 316–322, Jan. 2010.
4. R. David, H. Alla. *Discrete, Continuous, and Hybrid Petri Nets*. — Springer, 2010.
5. L. Wang, Q. Chen, Z. J. Gao, and L. Niu, “Knowledge representation and general petri net models for power grid fault diagnosis,” *IET Gener. Trans. Distrib.*, vol. 9, no. 9, pp. 866–873, 2015.
6. V. Calderaro, C. N. Hadjicostis, A. Piccolo, and P. Siano, “Failure identification in smart grids based on petri net modeling,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 58, no. 10, pp. 4613–4623, Oct. 2011.
7. Characteristics of the workflow from the WED // DP "Energorinok", - Electronic resource: <http://www.gp.er.gov.ua>.
8. “The project of the energy strategy of Ukraine until 2035” from 25 February 2017 // the Energy Sector and Industry of Ukraine, - Electronic resource: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>
9. K. Jensen, S. Donatelli, M. Koutny. *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency*. — Springer, 2011.
10. W. Reisig. *Elements of Distributed Algorithms: Modeling and Analysis with Petri Nets*. — Springer, 2010.
11. Zaitsev D.A. *Mathematical models of discrete systems: Tutorial*. - Odessa: ONAT them. A.S. Popova, 2004.
12. Joanna Konopko. *A Petri Net Model for Distributed Energy System* // Warsaw University of Technology, The Faculty of Electronics and Information Technology, Institute of Computer Science. – Warsaw, 2015.
13. Moacyr A. G. de Brito, Leonardo P. Sampaio, Luigi G. Jr., Guilherme A. e Melo, Carlos A. Canesin "Comparative Analysis of MPPT Techniques for PV Applications", 2011 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), Model: Mathworks (100 kW PV Array).
14. Yarmolyuk OS, Zamkoviy P.O. “Rosrahnok of the vigorous needs of the sleep panel with the untitled information”, *Staly developed power engineering*, 2016.

Оперативный способ определения параметров маневра расхождения

О. А. Петриченко

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

Paper received 16.12.18; Accepted for publication 20.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-18>

Аннотация. Рассмотрен способ оперативного определения маневра расхождения судна с помощью компьютерной программы, который использует области допустимых параметров уклонения судна. Приведена процедура формирования указанных областей, предусматривающая расчет их границ с учетом стороны уклонения судна. Описана процедура выбора безопасного маневра расхождения и приведены численные примеры определения с помощью области параметров маневра расхождения.

Ключевые слова: безопасность судоходства, маневр расхождения, области допустимых параметров уклонения.

Введение. Навигационные препятствия и интенсивное судоходство значительно осложняют плавание морских судов в стесненных районах и создают предпосылки для возникновения аварийных ситуаций. Стесненные воды являются сложными районами плавания, в которых происходит подавляющее большинство всех навигационных аварий, что свидетельствует о большой сложности условий плавания в стесненных водах.

Из-за быстротекущего изменения навигационной ситуации при плавании в стесненных районах, возникает необходимость разработки оперативных методов оценки опасности сближения и выбора безопасного маневра расхождения. К таким методам относятся применение областей недопустимых значений параметров движения судов, которые могут быть реализованы в компьютерных навигационных системах. Поэтому разработка способов управления судами в ситуации опасного сближения, чему посвящена данная работа, является актуальным и перспективным научным направлением.

Краткий обзор публикаций по теме. В работе [1] рассмотрены принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов, причем приведен анализ методов их реализации. В работе [2] предлагается формализовать процесс расхождения методом нелинейной интегральной инвариантности, а в работе [3] приведено подробное исследование методов локально-независимого управления и предложен метод формирования гибких стратегий расхождения. Методы теории оптимальных дискретных процессов используются для описания процесса расхождения в работе [4], а в работе [5] рассмотрены взаимодействие судов в ситуации опасного сближения и выбор стратегии расхождения для предупреждения их столкновения. Процедура выбора оптимального стандартного маневра расхождения пары судов рассмотрена в работе [6], а экстренная стратегия расхождения в ситуации чрезмерного сближения судов предложена в работе [7]. В работах [8, 9] освещены вопросы учета навигационных опасностей и инерционности судна при выборе стратегии расхождения судна.

Теоретическое обоснование автономной судовой системы уклонения от столкновения СА излагается в работе [10]. Также рассматриваются требования к автономной навигации, учитывающие факторы, кото-

рые влияют на процесс уклонения от столкновения. Отмечается, что исследования по автоматизации управления судном могут быть представлены компьютерной технологией, использующую искусственный интеллект.

Цель. Целью настоящей статьи является разработка способа оперативного определения параметров маневра уклонения с помощью области допустимых значений параметров.

Материалы и методы. В работе [3] в первом приближении момент времени начала уклонения судна для предупреждения столкновения оценивается с помощью формулы:

$$\tilde{t}_y = \frac{\Delta_y D \sin(\tilde{K}_{oty} - \alpha) - D_d}{\Delta_y V_{otn} \sin(K_{otn} - \tilde{K}_{oty})} \quad (1)$$

С учетом инерционности судна момент времени начала поворота уклонения t_y определяется выражением [1]:

$$t_y = \tilde{t}_y - \frac{\Delta_y (\Delta \xi_0 \cos \tilde{K}_{oty} - \Delta \eta_0 \sin \tilde{K}_{oty}) + V_c \tau_y \sin(\tilde{K}_{oty} - K_c)}{V_{otn} \sin(K_{otn} - \tilde{K}_{oty})}$$

где τ_y – длительность поворота уклонения судна;

$\Delta \xi_0$ и $\Delta \eta_0$ – прирост координат оперирующего судна за время поворота τ_y ;

K_c – курс цели.

Значение длительности поворота уклонения судна τ_y , а также увеличение координат оперирующего судна $\Delta \xi_0$ и $\Delta \eta_0$ за время поворота определяются динамической моделью вращательного движения судна. В данном исследовании применяется кинематическая модель вращательного движения судна с постоянной угловой скоростью a_ω . В этом случае, как показано в работе [1]:

$$\tau_y = \left| \frac{K_y - K_o}{a_\omega} \right|,$$

$$\Delta \xi_0(\tau_y) = \frac{V_o}{a_\omega} (\cos K_o - \cos K_y),$$

$$\Delta\eta_o(\tau_y) = \frac{V_o}{a_\omega} (\sin K_y - \sin K_o) \cdot$$

Результаты и их обсуждение. В дальнейшем рассмотрим параметры уклонения маневра расхождения, к которым относятся момент времени начала уклонения t_y и курс уклонения K_y . В случае опасного сближения, как показано в предыдущем подразделе, безопасное уклонение судна от опасной цели на дистанцию кратчайшего сближения равную предельно – допустимой дистанции сближения возможно при начале уклонения в момент времени t_y курсом уклонения K_y , которые связаны выражением (1). Данное выражение можно трактовать как кривую на плоскости $K_y \times t_y$, предварительно преобразовав относительный курс уклонения K_{oty} в истинный курс K_y .

Однако, учитывая возможное уклонение судна, как вправо, так и влево, целесообразно найти зависимость курса уклонения K_y от момента времени начала уклонения t_y . Для этого рассмотрим рис. 1, из которого несложно найти зависимость относительного курса K_{oty} от момента времени t_y , а затем из полученного значения K_{oty} по известной зависимости определить величину K_y .

Как следует из приведенного рисунка, для произвольного момента времени начала уклонения судна t_y относительные курсы уклонения вправо K_{otys} и влево K_{otyp} определяются выражениями:

$$K_{otys} = \alpha_y + \frac{D_d}{D_y},$$

$$K_{otyp} = \alpha_y - \frac{D_d}{D_y}. \quad (2)$$

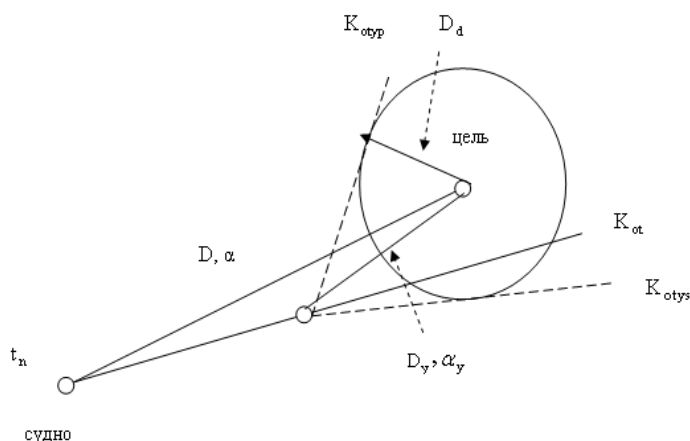


Рис. 1. Определение относительного курса уклонения

Выражения для расчета значений дистанции D_y и пеленга α_y на момент времени t_y определяются из рис. 1 и имеют вид:

$$D_y = \sqrt{V_{ot}^2 t_y^2 + D^2 - 2DV_{ot} t_y \cos(K_{ot} - \alpha)}, \quad (3)$$

$$\alpha_y = K_{ot} + \arcsin \frac{D_d}{D_y}.$$

Из полученных значений K_{otys} и K_{otyp} по известной формуле [1] для движения судов на встречных курсах определяются истинные курсы уклонения:

$$K_{ys} = K_{otys} + \arcsin [p^{-1} \sin(K_c - K_{otys})],$$

$$K_{yp} = K_{otyp} + \arcsin [p^{-1} \sin(K_c - K_{otyp})] \quad (4)$$

где K_c - курс цели.

Выражения (4) зависимости курсов уклонения K_{ys} и K_{yp} от времени t_y можно рассматривать как границы G_{ys} и G_{yp} на плоскости $K_y \times t_y$, разделяющие ее на две части: допустимых сочетаний, как точек (t_y, K_y) , для которых дистанция кратчайшего сближения D_{min} превосходит предельно-допустимую дистанцию D_d , т.е. $D_{min} > D_d$, и недопустимых точек, для которых $D_{min} < D_d$. Область точек (t_y, K_y) между границами G_{ys} и G_{yp} является областью $Q_{K,ty}$ недопустимых значений параметров уклонения (t_y, K_y) , как показано на рис. 2.

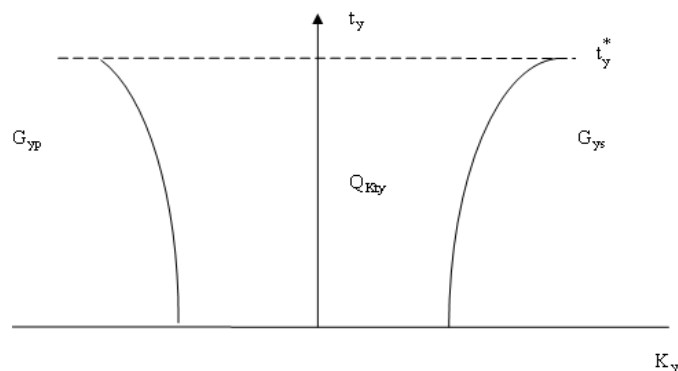


Рис. 2. Область $Q_{K,ty}$ опасных значений параметров уклонения

С помощью выражений (2) ÷ (4) производится расчет границ G_{ys} и G_{yp} области $Q_{K,ty}$. Отметим, что момент времени уклонения t_y изменяется от 0 до t_y^* . Причем верхняя граница времени t_y^* определяется в зависимости от соотношения скоростей судна V_o цели V_c . Так, в случае превосходства скорости судна над скоростью цели, т.е. $V_o > V_c$, верхняя граница момента времени t_y^* определяется моментом времени, когда судно достигает границы окруж-

ности с радиусом D_d . Следовательно, справедливо соотношение:

$$t_y^* = \frac{D - D_d}{V_{ot}}$$

Для формирования области недопустимых значений параметров уклонения $Q_{K,ty}$ была разработана компьютерная процедура информационной системы. В качестве примера рассмотрена ситуация опасного сближения судна с целью, которая характеризуется параметрами $D=3$ мили, $\alpha=88^\circ$, $K_o=45^\circ$, $V_o=23$ узла, $K_c=315^\circ$, $V_c=20$ узлов. Графическое отображение начальной ситуации опасного сближения судна с целью показано на рис. 3.

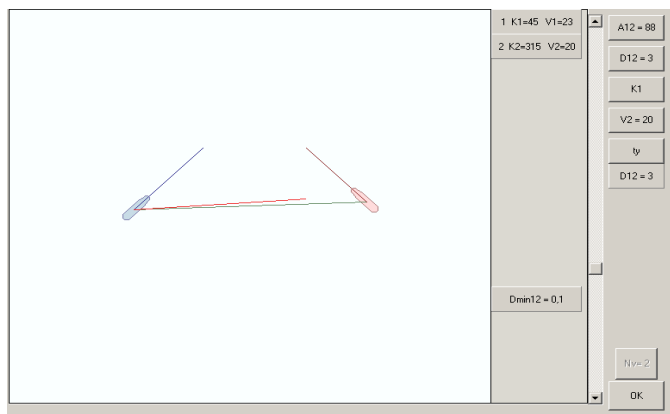


Рис. 3. Начальная ситуация опасного сближения судна с целью

С помощью компьютерной процедуры была сформирована область недопустимых значений параметров уклонения $Q_{K,ty}$, которая представлена на рис. 4. По оси абсцисс нанесены значения курсов уклонения K_y , а по оси ординат - значения времени уклонения t_y . Область $Q_{K,ty}$ разделена курсом $K_{y\alpha}$ на две части, причем курс $K_{y\alpha}$ соответствует относительному курсу, который равен пеленгу на цель.

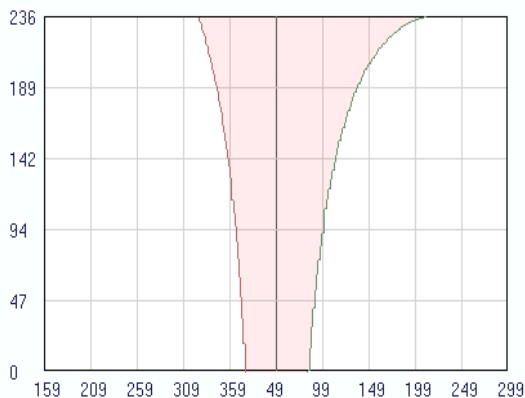


Рис. 4. Границы G_{ys} и G_{yp} области $Q_{K,ty}$ приведенного примера

Очевидно:

$$K_{y\alpha} = \alpha + \arcsin [p^{-1} \sin(K_c - \alpha)]$$

В приведенном примере $K_{y\alpha} = 49^\circ$, справа от него находится граница G_{ys} уклонения вправо, а слева - граница G_{yp} уклонения влево. По определению на границах дистанция кратчайшего сближения равна предельно - допустимой дистанции сближения, которая в данном примере выбрана равной 1 миле.

На рис. 5 показан маневр уклонения судна изменением курса вправо с параметрами $t_y = 15$ с и $K_y = 86^\circ$, которые принадлежат правой границе G_{ys} области $Q_{K,ty}$. Этим параметрам соответствует дистанция кратчайшего сближения $L_m = 1$ миле, что подтверждает корректность способа формирования области $Q_{K,ty}$.

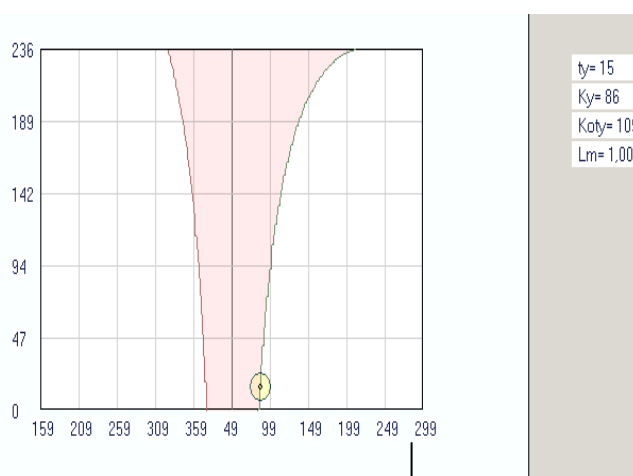


Рис. 5. Выбор безопасных параметров уклонения изменением курса вправо

Точка с параметрами уклонения $t_y = 123$ с и $K_y = 107^\circ$, показанная на рис. 6, также принадлежит правой границе G_{ys} и обеспечивает сближение судна с целью на дистанцию $L_m = 1$ мили.

Если выбрать точку, принадлежащую левой границе G_{yp} , например, с параметрами $t_y = 96$ с и $K_y = 5^\circ$ (как показано на рис. 7), то дистанция кратчайшего сближения $L_m = 1$ мили равна предельно-допустимой дистанции сближения.

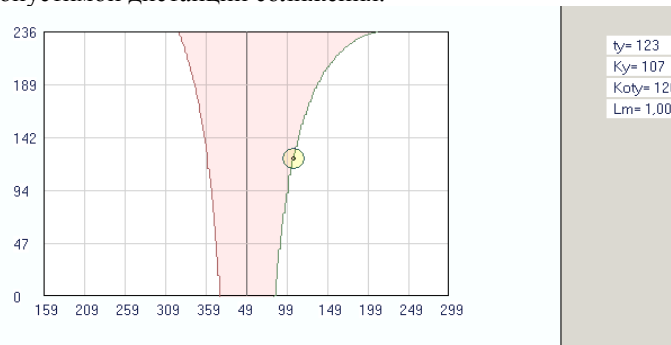


Рис. 6. Выбор параметров уклонения $t_y = 123$ с и $K_y = 107^\circ$

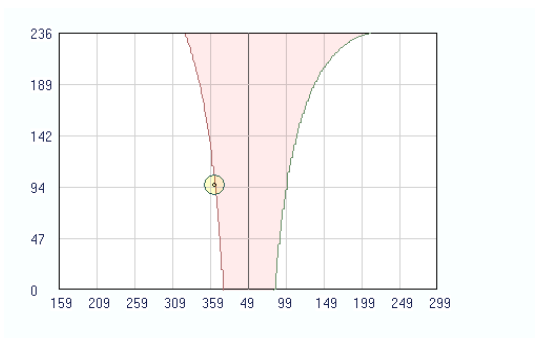


Рис. 7. Безопасные параметры уклонения изменением курса влево

Выводы

1. Рассмотрен способ оперативного определения маневра расхождения судна с помощью компьютерной программы, который использует области допустимых параметров уклонения судна.
2. Приведена процедура формирования указанной области, которая рассчитывает их границ с учетом стороны уклонения судна.
3. Описана процедура выбора безопасного маневра расхождения и приведены численные примеры определения с помощью области параметров маневра расхождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака, Э.Н. Пятаков, А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
2. 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.
3. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
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 / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.
6. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7. - 2002. - С. 115-120.
7. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А. И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
8. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / Бурмака И.А. // Судовождение. – 2005. - №10. – С. 21 – 25.
9. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. – 2003. – №6. – С. 103 - 107.
10. 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.

REFERENCES

1. 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.
2. 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.
3. Tsybmal N. Flexible strategies of divergence of vessels / N. Tsybmal, I.Burmaka, E. Tyupikov, Odessa: KP OGT, 2007. – 424 p.
4. Kulikov A.M. Optimum management by divergence of vessels / Kulikov A.M., and Poddubnyy V.V.// Sudostroenie. - 1984.- №12.- p. 22 - 24.
5. Pyatakov E.Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatakov E., Buzhbetskiy R., Burmaka I., Bulgakov A., Kherson: Grin D.S., 2015. - 312 p.
6. Safin I.V. Choice of optimum maneuver of divergence / I.V. Safin // Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv. - 2002.- №7. - p. 115 -120.
7. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A., Buzhbetskiy R. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 p.
8. 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.
9. 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.

Operative method of determination of parameters of maneuver of divergence

O. A. Petrenchenko

Abstract. The method of operative determination of maneuver of divergence of ship by the computer program is considered, which uses the regions of possible parameters of deviation of ship. Procedure of forming of the indicated regions is resulted, foreseeing the calculation of their scopes taking into account the side of deviation of ship. Procedure of choice of safe maneuver of divergence is described and the numeral examples of determination by the region of parameters of maneuver of divergence are resulted.

Keywords: safety of navigator, maneuver of divergence, region of possible parameters of deviation.

Анализ области допустимых комбинированных маневров расхождения судна с двумя целями изменением курса и его активным торможением

В. Э. Пятаков

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

Paper received 16.12.18; Accepted for publication 20.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-19>

Аннотация. Рассмотрен комбинированный маневр расхождения судна с двумя опасными целями изменением курса для уклонения от первой цели и торможением для того, чтобы пропустить вторую цель. Для данного типа маневра предложен способ формирования области допустимых значений его параметров. Произведен анализ предложенной области допустимых значений параметров маневра и показано, что допустимый маневр расхождения достигается на границе области.

Ключевые слова: безопасность судовождения, процесс расхождения судов, комбинированный маневр расхождения, область допустимых маневров расхождения.

Введение. Для локально-независимого управления предложен способ комбинированного маневра расхождения судна с двумя опасными целями изменением курса для уклонения от первой цели и торможением для того, чтобы пропустить вторую цель. Для выбора такого маневра рассмотрена процедура формирования области его допустимых параметров и произведен анализ предложенной области.

Краткий обзор публикаций по теме. Принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов, а также анализ методов их реализации и современные оперативные способы повышения безопасности предупреждения столкновений судов освещены в работе [1]. Процесс взаимодействия судов при их опасном сближении и выбор стратегии расхождения в зависимости от уровня опасности ситуации сближения рассмотрены в работе [2]. Метод формирования гибких стратегий расхождения методами локально-независимого управления для расхождения оперирующего судна с несколькими опасными целями предложен в работе [3].

В работе [4] для описания процесса расхождения судов применяются методы теории дифференциальных игр. В работе [5] представлен метод определения параметров оптимального маневра расхождения пары судов, а способ учета динамики судна при повороте и навигационных опасностей для расчета параметров маневра расхождения судна представлен в работах [6, 7]. Стратегия экстренного расхождения судов в ситуации их чрезмерного сближении рассмотрена в работе [8].

Цель. Целью статьи является анализ особенностей области допустимых комбинированных маневров расхождения судна с двумя целями изменением курса и его активным торможением при его локально-независимом управлении.

Материалы и методы. Рассмотрим ситуацию, когда в начальный момент времени судно с параметрами движения K_c и V_c опасно сближается с двумя целями, параметры движения которых K_1, V_1, K_2 и V_2 . Относительная позиция судна и целей характеризуется пеленгами α_1 и α_2 , а также дистанциями D_1 и D_2 . Сближение судна с целями характеризует-

ся относительными курсами K_{oto1} и K_{oto2} , линии которых, как следует из рис. 1, проходят внутри предельно - допустимых кругов радиусом D_d , что свидетельствует об опасности сближения.

В приведенной ситуации рассмотрим комбинированный маневр расхождения судна с целями последовательно изменением курса для уклонения от первой цели и торможением для того, чтобы пропустить вторую цель.

В работе [9] для такой ситуации предложен способ формирования области $\nabla_{K1, V2}$ допустимых комбинированных маневров расхождения судна с двумя целями изменением курса и его пассивным торможением. Каждой точке области $\nabla_{K1, V2}$ соответствуют три параметра маневра расхождения: время t_y и курс K_y уклонения для расхождения с первой целью, а также скорость V_{cy} до которой понижается начальная скорость судна торможением, причем торможение начинается в момент времени t_y .

В случае применения активного торможения для формирования области $\nabla_{K1, V2}$ и выбора с ее помощью маневра расхождения расчет продолжительности переходного процесса $\tau(V_{cy})$ и пройденное за это время расстояние $S(V_{cy})$ используются выражения для активного торможения судна [10]:

$$\tau(V_{cy}) = \frac{(1+k)m}{\sqrt{\mu P}} \left[\arctg\left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_c\right) - \arctg\left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_{cy}\right) \right],$$

$$S(V_{cy}) = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln \left| \frac{V_c^2 + \frac{P}{\mu}}{V_{cy}^2 + \frac{P}{\mu}} \right|,$$

где $(1+k)m$ - масса судна с присоединенными массами воды;

P - упор винта;

μ - коэффициент сопротивления.

Результаты и их обсуждение. Данный способ расчета границ области $\nabla_{K1, V2}$, позволяющей определение маневра расхождения судна с двумя опасными

целями последовательными изменениями курса и снижения скорости активным торможением был реализован в разработанной компьютерной имитационной программе. В качестве примера была рассмотрена ситуация опасного сближения с параметрами: параметры движения судна $K_c = 75^\circ$, $V_c = 23$ уз, параметры движения целей $K_1 = 199^\circ$, $V_1 = 20$ уз, $K_2 = 16^\circ$, $V_2 = 21$ уз, относительные позиции целей $\alpha_1 = 36^\circ$, $D_1 = 3$ мили, $\alpha_2 = 135^\circ$, $D_2 = 5$ миль, как показано на рис. 1.

Для указанной ситуации опасного сближения была сформирована область допустимых маневров $\nabla_{K1, V2}$, которая показана на рис. 2. На рис. 3 выбрана начальная точка $(K_y^{(s,p)}, V_{cy})$, принадлежащая границе области $\nabla_{K1, V2}$, для которой определены параметры маневра расхождения $K_y = 86^\circ$, $V_{cy} = 15$ уз, $t_y = 284$ с, а на рис. 4 показаны относительные траектории расхождения.

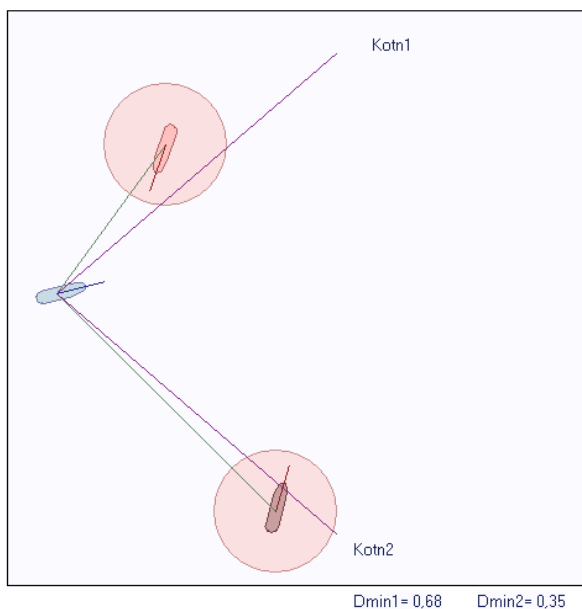


Рис. 1. Пример ситуации опасного сближения

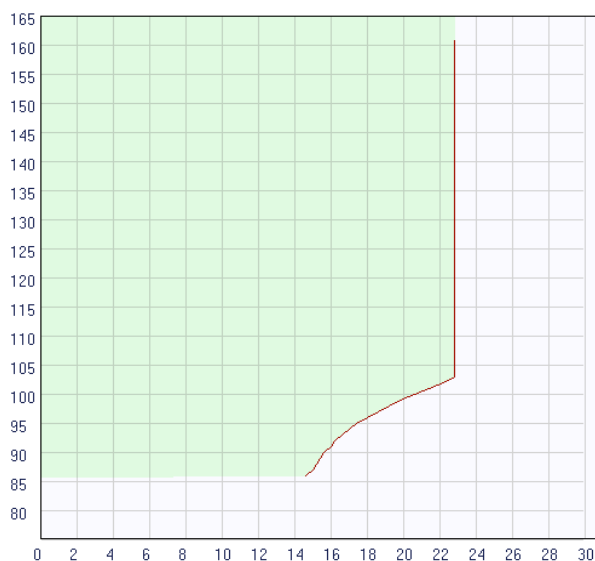


Рис. 2. Область допустимых маневров $\nabla_{K1, V2}$

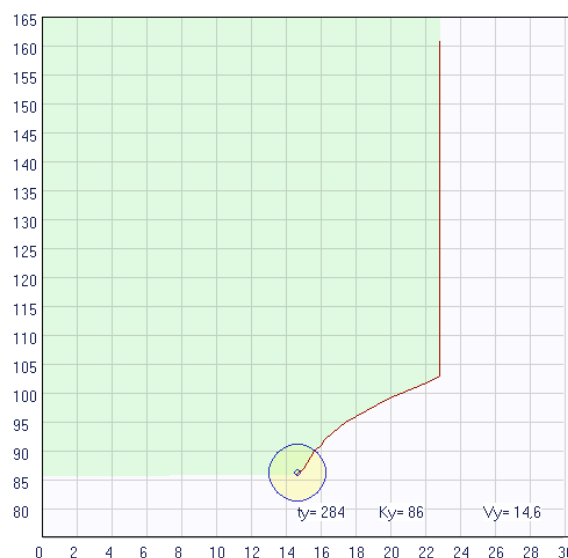


Рис. 3. Выбор начальной точки, принадлежащей границе области $\nabla_{K1, V2}$

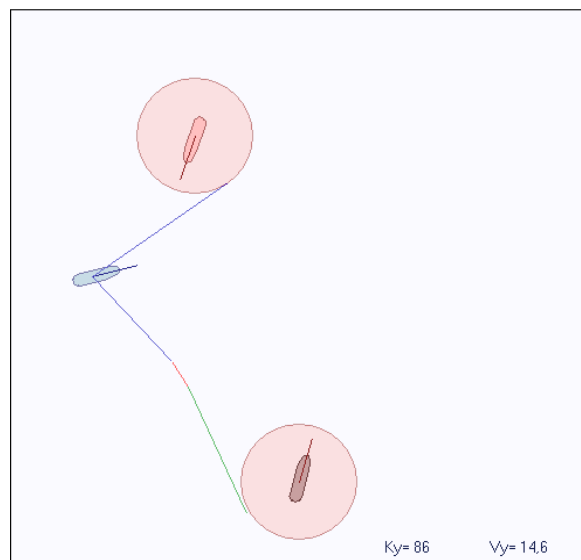


Рис. 4. Относительные траектории расхождения для граничной точки

Для произвольной точки $(K_y^{(s,p)}, V_{cy})$, принадлежащей границе области $\nabla_{K1, V2}$, которая показана на рис. 5, определены параметры маневра расхождения $K_y = 98^\circ$, $V_{cy} = 18,8$ уз, $t_y = 293$ с.

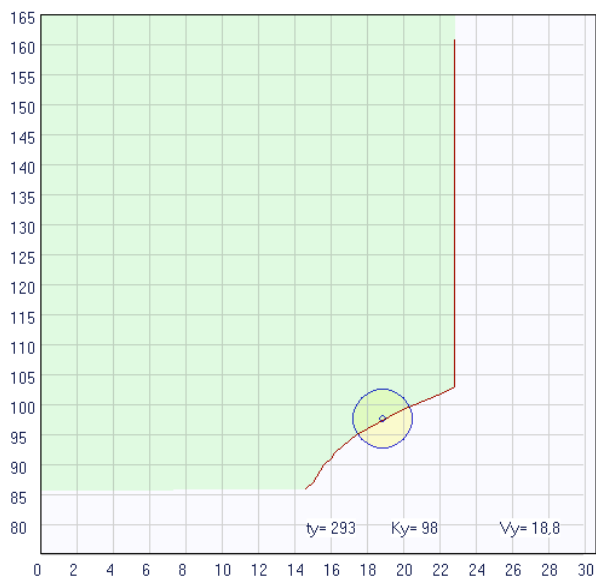


Рис. 5. Выбор произвольной точки границы области $\nabla_{K1, V2}$

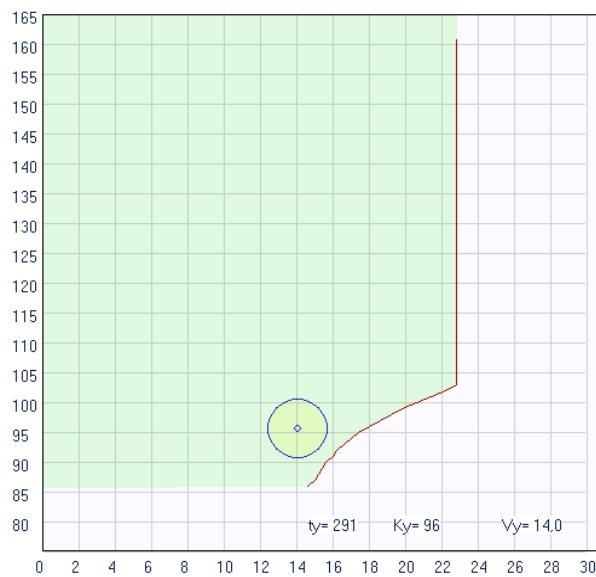


Рис. 7. Выбор точки $(K_y^{(s,p)}, V_{cy})$ внутри области $\nabla_{K1, V2}$

Относительные траектории расхождения показаны на рис. 6. Они проходят относительно обеих целей на заданном расстоянии.

Положение точки $(K_y^{(s,p)}, V_{cy})$ внутри области допустимых маневров $\nabla_{K1, V2}$ показано на рис. 7 и определены параметры маневра расхождения, которые принимают значения $K_y = 98^\circ$, $V_{cy} = 14$ уз, $t_y = 291$ с.

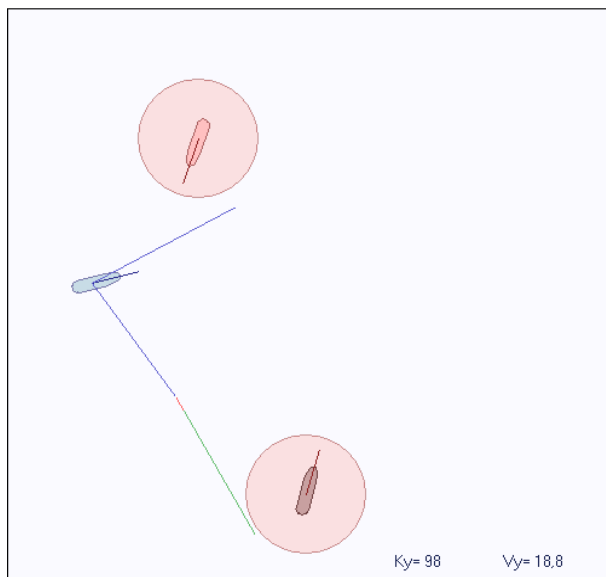


Рис. 6. Относительные траектории для произвольной точки границы

На рис 8 приведены относительные траектории расхождения для выбранной точки, причем дистанции кратчайшего сближения для обеих целей превосходят предельно – допустимую дистанцию сближения.

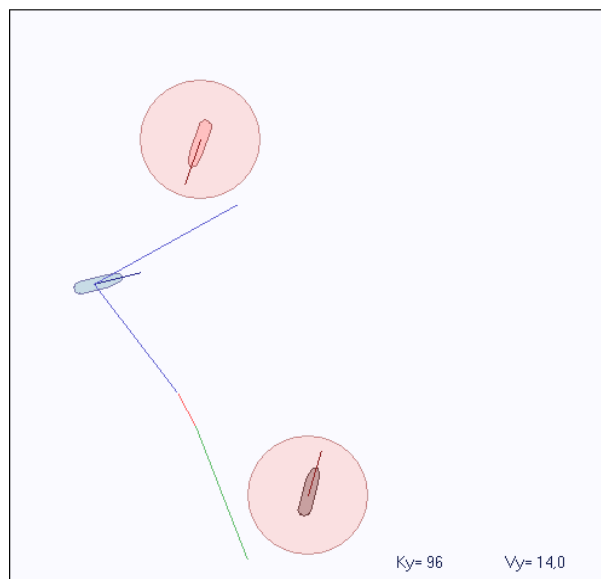


Рис. 8. Относительные траектории для точки внутри области $\nabla_{K1, V2}$

Приведенные примеры показывают, что для расхождения судна с двумя опасными целями комбинированным маневром целесообразно выбирать точки $(K_y^{(s,p)}, V_{cy})$, которые находятся на границе области $\nabla_{K1, V2}$, причем оптимальной является начальная точка границы.

Выводы

1. Предложен комбинированный маневр расхождения судна с двумя целями изменением курса и его активным торможением при его локально-независимом управлении.

2. Проведен анализ области допустимых комбинированных маневров расхождения и показано, что допустимый маневр расхождения достигается на границе области.

3. Оптимальный комбинированный маневр расхождения судна соответствует начальной точке границы области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbrücken (Германия), - 2016. - 585 с.
2. 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.
3. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. - 424 с.
4. 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.
5. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7. - 2002. - С. 115-120.
6. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. - 2003. - №6. - С. 103 - 107.
7. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / Бурмака И.А. // Судовождение. - 2005. - №10. - С. 21 - 25.
8. 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.
9. Бурмака И.А. Маневр последовательного расхождения с двумя целями изменением курса и пассивным торможением / Бурмака И.А., Пятаков Э.Н. // East European Science Journal, №5 (33), 2018, part 1. - С. 19 - 24.
10. Демин С.И. Торможение судна / Демин С.И.- М.: Транспорт, 1975.- 81с.

REFERENCES

1. 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.
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.
3. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels / N. Tsymbal, I. Burmaka, E. Tyupikov, Odessa: KP OGT, 2007. - 424 p.
4. 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.
5. Safin I.V. Choice of optimum maneuver of divergence / I.V. Safin // Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv. - 2002.- №7. - p. 115 -120.
6. 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.
7. Burmaka I.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.
8. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A., Buzhbetskiy R. - LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. - 202 p.
9. Burmaka I.A. Manoeuvre of successive divergence with two aims by the change of course and passive braking / Burmaka I.A., Pyatakov E.N.// East European Science Journal, №5 (33), 2018, part 1. - P. 19 - 24.
10. Demyn S.I. Braking of ship / Demyn S.I.- M.: Transport, 1975.- 81p.

Analysis of region of the possible combined manoeuvres of divergence of ship with two targets by the change of course and his active braking

V. E. Pyatakov

The combined maneuver of divergence of ship with two dangerous targets is considered by the change of course for deviation from the first target and braking in order to skip the second target. For this type of maneuver the method of forming of region of acceptability his parameters is offered. The analysis of the offered region of acceptability parameters of maneuver is produced and it is shown that is achieved the possible maneuver of divergence on the border of region.

Keywords: safety of navigator, process of divergence of vessels, combined maneuver of divergence, region of possible maneuvers of divergence.

Экспериментальные исследования и компьютерное моделирование железобетонной балки при пожаре

Н. Г. Сурьянинов*, Ю. А. Отрош, А. С. Шиляев

Одесская государственная академия строительства и архитектуры,

Ул. Дидрихсона, 4, 65029, г. Одесса, Украина

*Corresponding author. E-mail: sng@ogasa.org.ua

Paper received 08.12.18; Accepted for publication 15.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-20>

Аннотация. Исследована несущая способность балки при температуре пожара. Объектом испытаний являлась железобетонная балка прямоугольного сечения, применяемая при строительстве комплекса зданий и сооружений с встроенно-пристроенными помещениями. Методика проведения испытаний соответствовала положениям национального стандарта Украины, разработанного для испытаний балок на огнестойкость. Стандарт соответствует европейским нормам. Испытаны два образца балки. Для определения температуры образцов использованы термопары, установленные в контрольных точках. При проведении всех экспериментов изменения температуры фиксировались в контрольных точках каждую минуту. С целью оценки качества эксперимента и достоверности полученного распределения температур выполнено компьютерное моделирование нагрева балки в программном комплексе ANSYS R17.1. Установлено, что предел огнестойкости балки составил не менее 62 минут. Класс огнестойкости — R60. Сравнение результатов экспериментальных исследований и численного анализа в программе ANSYS показало, что для первых 10 минут довольно существенно отличаются во всех контрольных точках, однако в дальнейшем это отличие стабилизируется, и вплоть до окончания эксперимента не превышает 10,0%. Полученные результаты подтверждают, что методика проведенных экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с последующим численным анализом может быть рекомендована для практического применения.

Ключевые слова: железобетонная балка, несущая способность, пожар, температура, эксперимент, термопара, численный анализ, ANSYS.

Введение. Железобетонные конструкции, вследствие их негорючести и небольшой теплопроводности, хорошо сопротивляются воздействию высоких температур при пожарах. Однако известно [1–3], что всегда существует определенный предел огнестойкости конструкции.

Этот предел зависит от размеров поперечного сечения, толщины защитного слоя, вида, количества и диаметра арматуры, класса бетона и вида заполнителя, нагрузки на конструкцию, схемы ее опирания и ряда других факторов [4].

Аналитические методы определения предела огнестойкости отсутствуют. Приходится прибегать к результатам экспериментальных исследований. Однако эти результаты, как правило, сильно меняются при повторении эксперимента, поскольку зависят от множества факторов. Поэтому нужен какой-либо иной подход, позволяющий оценить данные эксперимента. Наиболее перспективным путем является, на наш взгляд, компьютерное моделирование конструкции при пожаре, которое можно выполнить в ряде современных конечно-элементных программ.

Целью данной работы являются экспериментальные исследования огнестойкости железобетонной балки и компьютерное моделирование процесса с последующим сравнением результатов в контрольных точках.

Материалы и методы. Для проведения испытаний балок на огнестойкость в Украине разработан национальный стандарт ДСТУ Б В.1.1-13:2007 [5]. Определение предела огнестойкости балок осуществляется по ДСТУ Б 1.1-4-98 * [6].

Метод заключается в нагреве в стандартном температурном режиме образцов балок, которые устанавливаются на стены огневой печи, и определении промежутка времени от начала испытания до наступления нормированного предельного состояния по при-

знаку потери несущей способности (признак R). Большинство положений отечественных стандартов [5, 6] хорошо согласуется с соответствующими европейскими нормами [7 – 10].

Предел огнестойкости по признаку потери несущей способности зависит от вида и статической схемы опирания конструкции. Однопролетные свободно опертые балки при действии пожара разрушаются в результате нагревания продольной нижней рабочей арматуры до предельной критической температуры. Предел огнестойкости зависит от толщины защитного слоя нижней рабочей арматуры, класса арматуры, рабочей нагрузки и теплопроводности бетона. У балок предел огнестойкости зависит еще от ширины сечения.

При одних и тех же конструктивных параметрах предел огнестойкости балок меньше, чем плит, так как при пожаре балки обогреваются с трех сторон (со стороны нижней и двух боковых граней), а плиты — только со стороны нижней поверхности.

Статически неопределимые балки при нагревании утрачивают несущую способность в результате разрушения опорных и пролетных сечений. Сечения в пролете разрушаются в результате снижения прочности нижней продольной арматуры, а опорные сечения — вследствие потери прочности бетона в нижней сжатой зоне, нагреваемой до высоких температур. Скорость прогрета этой зоны зависит от размеров поперечного сечения, поэтому огнестойкость статически неопределимых балок зависит от ширины и высоты сечения. При больших размерах поперечного сечения предел огнестойкости статически неопределимых балок значительно выше, чем статически определимых, и в ряде случаев практически не зависит от толщины защитного слоя у продольной нижней арматуры.

Результаты исследования. Экспериментальные

исследования проводились в испытательном центре ООО «ТЕСТ» (г. Бровары).

Объект испытаний являлась железобетонная балка прямоугольного сечения 600x700 мм, применяемая при строительстве комплекса зданий и сооружений с встроенно-пристроенными помещениями.

Предельным состоянием по признаку потери несущей способности (признак R) является обрушение конструкции или возникновение предельных деформаций, которые составляют:

Предельным состоянием по признаку потери несущей способности принималось состояние, когда выполнено одно из следующих условий [5]:

- значение прогиба (D) конструкции превышало значение

$$D = L^2 / 400b \text{ мм}; \quad (1)$$

- скорость нарастания деформации превышала значение

$$dD / dt = L^2 / 9000b \text{ мм/мин}, \quad (2)$$

где L — пролет, м; b — расчетная высота сечения конструкции, мм.

Если значение прогиба не более $L/30$, то предельной деформацией является только предельное значение прогиба (D).

Для железобетонных балок, которые испытываются без нагрузки, предельное состояние по признаку потери несущей способности может быть определено по времени превышения средней температуры нижней продольной несущей арматуры от ее начального значения на 480°C .

Предел огнестойкости определялся по формуле

$$t_{fr} = t_{mes} - \Delta t, \quad (3)$$

где t_{fr} — предел огнестойкости, мин; t_{mes} — минимальное значение времени от начала испытания до достижения предельного состояния по огнестойкости, мин; Δt — погрешность испытания, мин.

Значение погрешности Δt определяется по формуле

$$\Delta t = (0,015t_{mes} + 3)(A_s - A_f) / (A_s - A_{min}), \quad (4)$$

где A_s , A_f , A_{min} — интегральные значения (пло-

щади, которые находятся под кривыми) стандартной температуры, средней температуры в печи и минимальной допустимой температуры в печи, соответственно. Если $A_f > A_s$, то $\Delta t = 0$.

Испытаниям подвергались два образца железобетонной балки прямоугольного сечения размером 600x700 мм, длиной 2000 мм каждый.

Образцы имели арматурный объемный каркас. Основная несущая арматура (нижняя продольная) — $\varnothing 25$ мм А500С (3 шт.) и $\varnothing 32$ мм А500С (3 шт.). Значение толщины защитного слоя бетона до нижней продольной арматуры составило 34 мм. Использовался бетон класса С25/30.

Кроме того, были изготовлены вспомогательные образцы (кубы, призмы, фрагменты арматурных стержней). Испытание вспомогательных образцов позволило получить данные о физико-механических характеристиках примененных материалов.

Все основные и вспомогательные образцы изготавливались из бетона одного состава. Затрата материалов на 1 м^3 смеси составила: цемента — 440 кг, песка — 660 кг, щебня — 1150 кг, воды — 153 л, химической добавки (релаксол-лидер) — 17 кг. Водоцементное отношение — В/Ц = 0,35; оседание конуса — 14...15 см.

Каждый образец устанавливался опиранием с двух сторон на отверстие печи через базальтовые плиты ROCKMIN (плотность 50 кг/м^3) с возможностью огневого воздействия на него с трех сторон (снизу и с боков).

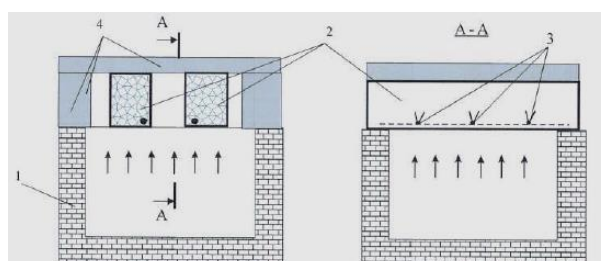


Рисунок 1. Схема испытаний

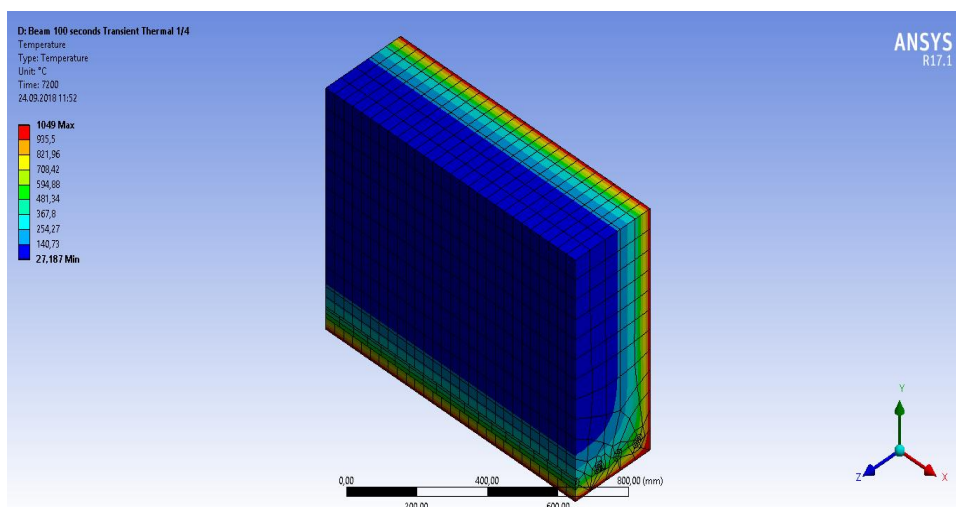


Рисунок 2. Модель в ANSYS

Для определения температуры нижней несущей продольной арматуры $\varnothing 25$ мм А500С (которая более

приближена к углам), было установлено по три термомпары (ТХА) Т1-Т3 на каждом образце балки. Для испытаний использовалась специальная испытательная печь и средства измерительной техники.

С целью оценки качества эксперимента и достоверности полученного распределения температур выполнено компьютерное моделирование балки в программном комплексе ANSYS R17.1 [11 – 14] (рис. 2).

При построении модели использовались параметры балки из первой серии проведенных испытаний (образец № 1). При проведении всех экспериментов изменения температуры фиксировались в контрольных точках каждую минуту. Однако ввиду ограниченного объема статьи в табл. 1 приведены только результаты, зафиксированные с шагом 5 минут. Для сравнения аналогичные данные извлечены из файла результатов расчета в программе ANSYS (табл. 1).

Во время проведения испытаний температура и избыточное давление в печи отвечали требованиям, регламентированным стандартом. Избыточное давление в печи на 5-й минуте составило 8 Па, а с 10 минуты — 11 Па.

Испытания продолжались 62 минуты. Потери и несущей способности образцов во время испытаний не произошло. Погрешность испытаний (Δt) по зависимости (4) во время испытаний составила 0 минут.

Таблица 1. Сравнение экспериментальных и численных результатов

Время, мин.	T1-1	ANSYS	Расхождение, %	T1-2	ANSYS	Расхождение, %
0	11	14	21,4	10	13	21,4
5	13	16	18,8	10	13	21,4
10	23	26	11,5	12	15	20,0
15	47	51	7,8	18	20	10,0
20	70	76	7,9	28	31	9,7
25	87	96	9,4	37	41	9,7
30	88	97	9,3	50	55	9,1
35	93	103	9,7	69	76	9,2
40	102	113	9,7	75	83	8,4
45	107	118	9,3	78	85	8,2
50	113	124	8,9	82	90	8,9
55	118	130	9,2	86	95	9,4
60	123	135	8,9	93	102	8,8
62	125	138	9,4	93	102	8,8

На рис. 3 показаны поля деформаций и напряжений при нагреве балки.

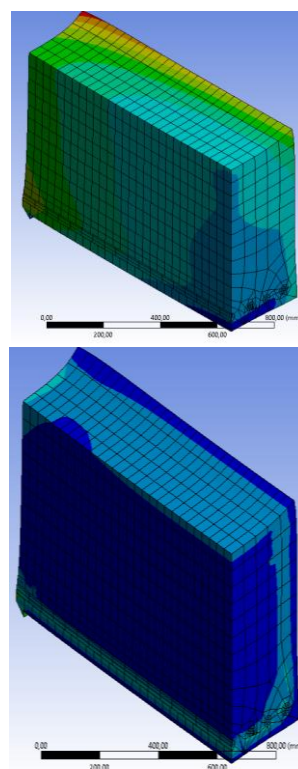


Рисунок 3. Деформации и напряжения

Выводы. Предел огнестойкости железобетонной балки прямоугольного сечения 600x700 мм, применяемой при строительстве комплекса зданий и сооружений со встроено пристроенными помещениями, составляет не менее 62 минут. Класс огнестойкости — R60.

Анализ табл. 1 показывает, результаты экспериментальных исследований и численного анализа в программе ANSYS для первых 10 минут довольно существенно отличаются во всех контрольных точках, однако в дальнейшем это отличие стабилизируется, и вплоть до окончания эксперимента не превышает 10,0%, что, по нашему мнению, можно считать совершенно приемлемым.

Интересно, что величины температур, полученных в ANSYS для точек, соответствующих расположения термомпар Т1 – Т3, во всех случаях несколько выше, чем по результатам эксперимента.

В целом полученные результаты подтверждают, что методика проведенных экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с дальнейшим численным анализом может быть рекомендована для практического применения.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. М., Ассоциация «Пожнаука», 2001. — 382 с.
 [2] Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. — М.: Стройиздат, 1988. — 143 с.
 [3] Мосалков И.Л. Огнестойкость строительных конструкций / И.Л. Мосалков, Г.Ф. Плюснина, А.Ю.Фролов. — М.: Спецтехника, 2001. — 484 с.
 [4] Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций. — М.: Стройиздат, 1986. — 224 с.
 [5] Захист від пожежі. Балки. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-3:1999, NEQ) ДСТУ Б В.1.1-13:2007 [Чинні від 01.01.2008] Мінрегіонрозвитку та будівництва України від 22.06.2007 № 64 – 6 с. – (Національний стандарт України).
 [6] ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги / Держбуд України. — К.: Держбуд України, 2005. — 18 с.
 [7] CEN EN 1991-1-2 (2002). Eurocode, Part 1-2: Actions on structures – General actions – Actions of structures exposed to fire. CEN, Brussels, Belgium.
 [8] CEN (2004). EN 1992-1-2 (2004) Eurocode 2 Part 1-2: Design of concrete structures – General rules – Structural fire

design. CEN, Brussels, Belgium.

- [9] CEN (2002) EN 13501–1. Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using test data from reaction to fire tests. CEN, Brussels, Belgium.
- [10] EN 1365-3:1999 Fire resistance tests for loadbearing elements - Part 3 Beams. CEN, Brussels, Belgium.
- [11] Дашченко А.Ф. ANSYS в задачах инженерной механики / А.Ф. Дашченко, Д.В. Лазарева, Н.Г. Сурьянинов / Изд. 2-е, перераб. и доп. Под ред. Н. Г. Сурьянинова. — Одесса.

— Пальмира, 2011. — 505 с.

- [12] Федорова Н.Н. Основы работы в ANSYS 17 / Н.Н. Федорова, С.А. Вальгер, М.Н. Данилов, Ю.В. Захарова — М.: ДМК Пресс, 2017. — 210 с.
- [13] A.F. Milovanov. Fire resistance of concrete structures. Moscow: Stroyizdat, 1998.
- [14] V.A. Bruyako. Engineering analysis in ANSYS Workbench: Samara, 2010.

REFERENCES

- [1] Roitman V.M. Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings. М., Association "Pozhnauka", 2001. - 382 p.
- [2] A.Yakovlev. Calculation of fire resistance of building structures. - М.: stroiizdat, 1988. - 143 p.
- [3] Mosalkov I.L. Fire resistance of building structures / I.L. Mosalkov, G.F. Plyusnina, A.Yu.Frolov. - М.: Special equipment, 2001. - 484 p.
- [4] Milovanov A.F. Fire resistance of reinforced concrete structures. - М.: stroiizdat, 1986. - 224 p.
- [5] Fire protection. Beams Test method for fire resistance (EN 1365-3: 1999, NEQ) DSTU B V.1.1-13: 2007 [effective as of 01.01.2008] Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine dated June 22, 2007 No. 64 - 6 p. - (National Standard of Ukraine).
- [6] DSTU B V.1.1-4-98 *. Fire protection. Building constructions. Test methods for fire resistance. General requirements / State Building Committee of Ukraine. - К.: Gosudarbud Ukraine, 2005. - 18 p.
- [7] CEN EN 1991–1–2 (2002). Eurocode, Part 1–2: Actions on structures – General actions – Actions of structures exposed to fire. CEN, Brussels, Belgium.
- [8] CEN (2004). EN 1992–1–2 (2004) Eurocode 2 Part 1–2: Design of concrete structures – General rules – Structural fire design. CEN, Brussels, Belgium.
- [9] CEN (2002) EN 13501–1. Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using test data from reaction to fire tests. CEN, Brussels, Belgium.
- [10] EN 1365-3:1999 Fire resistance tests for loadbearing elements - Part 3 Beams. CEN, Brussels, Belgium.
- [11] Dashchenko A.F. ANSYS in problems of engineering mechanics / A.F. Dashchenko, D.V. Lazarev, N.G. Suryaninov / Ed. 2nd, Pererab. and add. Ed. N. G. Surianinova. - Odessa. - Palmyra, 2011. - 505 p.
- [12] Fedorov N.N. Basics of work in ANSYS 17 / N.N. Fedorov, S.A. Valger, M.N. Danilov, Yu.V. Zakharova - М.: ДМК Пресс, 2017. - 210 p.
- [13] A.F. Milovanov. Fire resistance of concrete structures. Moscow: Stroyizdat, 1998.
- [14] V.A. Bruyako. Engineering analysis in ANSYS Workbench: Samara, 2010.

Experimental studies and computer modeling of reinforced concrete beams in case of fire

N. G. Surianinov, Yu. A. Otrosh, A. S. Shilyaev

Abstract. The bearing capacity of the beam at the temperature of fire was investigated. The object of the test was a reinforced concrete beam of rectangular section, used in the construction of a complex of buildings and structures with built-in and attached premises. The test procedure complied with the provisions of the national standard of Ukraine, developed for testing beams for fire resistance. The standard meets European standards. Tested two sample beams. Thermocouples installed at test points were used to determine the sample temperature. In all experiments, temperature changes were recorded at control points every minute. In order to assess the quality of the experiment and the reliability of the temperature distribution obtained, computer simulation of beam heating was performed in the ANSYS R17.1 software package. It was established that the fire resistance limit of the beam was at least 62 minutes. Fire resistance class - R60. Comparison of the results of experimental studies and numerical analysis in the ANSYS program showed that for the first 10 minutes they are quite significantly different at all control points, but later this difference stabilizes and does not exceed 10.0% until the end of the experiment. The obtained results confirm that the methodology of the conducted experimental studies and computer simulation with subsequent numerical analysis can be recommended for practical use.

Keywords: reinforced concrete beam, bearing capacity, fire, temperature, experiment, thermocouple, numerical analysis, ANSYS.

Structure and properties of the directionally Mo-Si-B solidified alloy with the addition of lanthanum

M. Upatov¹, I. Bogomol¹

¹ National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Corresponding author. E-mail: nikitaupatov@gmail.com

Paper received 12.12.18; Accepted for publication 19.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-21>

Abstract. The directionally solidified Mo-17,5%Si-8%B-0,5%LaCl₃(ar.%) alloy was prepared by floating zone method. The microstructure of the alloy consists of Mo₃Si matrix with predominantly fine-grained inclusions of the Mo₅SiB₂ (T2) and molybdenum (Mo_{ss}) phases and represents the alternation of the two- (Mo₃Si-T2) and three-phase (Mo_{ss}-Mo₃Si-T2) eutectics with periodic large Mo_{ss}-phase activations. The obtained values of integral microhardness and fracture toughness are 9.25±0.5 GPa, 14.32±0.6 MPa m^{1/2}, respectively. A solid protective oxide coating was obtained due to 10 hours air holding at 1030°C.

Keywords: floating zone method, eutectic, oxidation, borosilicate coat.

Introduction. Last years the scientific interest to Mo-Si-B alloys, which can become potential substitutes for nickel superalloys for manufacturing of turbine blades and other high-temperature units, was considerably increased, because they have higher operating temperatures and can significantly increase of energy efficiency of gas turbine engines.

Literature review. The alloys of Mo-Si-B system consisting of a molybdenum solid solution (Mo_{ss}) and two other intermediate Mo₅SiB₂ (T2) and Mo₃Si (A15) phases uniformly distributed in the microstructure show attractive mechanical and oxidizing properties at temperatures above 1100 °C [1]. This system became the subject of close attention, since the temperature of application may exceed the temperature of the application of super-alloys based on nickel [2]. The Mo-Si-B alloys has excellent oxidation resistance above 1100 °C, due to the formation of a low viscose borosilicate coating that covers the surface of the material and provides protection against further oxidation [3]. However, alloys of the Mo-Si-B system show a low resistance to oxidation in the range 650-900 °C [4] when the borosilicate coating is not formed yet, which causes the formation and evaporation of MoO₃. Recent studies [5,6] have shown that the addition of rare earth elements improves both the oxidation resistance of such materials over a wide range of temperatures and their mechanical characteristics.

The current task is to prepare the alloy of Mo-Si-B system with optimal microstructure, mechanical properties and resistance to oxidation [1,7]. Using of directional crystallization allows to efficient control of structure and properties due to variation of technological parameters of growing, which enables to control both oxidative and mechanical properties [8].

Objective. Therefore, the purpose of this work was to study the influence of addition of lanthanum on the structure and properties of directionally solidified Mo-17.5 (at.%) Si-8 (at.%) B alloy.

Experimental details. Directionally solidified Mo-17,5 at.% Si-8 at.% B alloy with an admixture of 0.5 atomic % of LaCl₃ was prepared by floating zone melting of nonsintered powdered rods. The molybdenum, silicon, boron and lanthanum chloride powders with a purity of 99.95%, 99.9%, 98%, and 99%, respectively, were used as starting materials. The average particle size of molybdenum powder was 3.4 μm, silicon powder - 1.2 μm, boron powder - 0.5 μm, lanthanum chloride powder - 2 μm. A mixture of powders was prepared by 10-fold wiping through a sieve with cells measuring 50 microns. As a

plasticizer the 2.5% aqueous solution of polyvinyl alcohol was used. Long-length billets with a diameter of 10 mm and a length of 145 mm were pressed on a hydraulic press under a pressure of 50 MPa and dried in a vacuum oven at 100°C. Zone melting of samples was carried out in the high-frequency "Crystal 206" machine with induction heater.

The microstructure of the samples was studied using a scanning electron microscope (SEM) "SEMI PEM 106". X-ray diffraction analysis was carried out at the "Rigaku Ultima IV" diffractometer. Micromechanical properties were investigated using the microhardness tester MHV-1000. Studies on oxidation resistance were conducted on a Q-1000 derivatograph to 1030 °C with a heating rate of 20 °C/min on air atmosphere for 10 hours.

Results and discussion. The investigation of the microstructure of the directionally solidified Mo-17,5Si-8B-0,5LaCl₃ alloy by SEM showed the presence of three phases: Mo₃Si gray matrix, mainly small dark gray inclusions of Mo₅SiB₂ (T2) and light particles of a solid solution of molybdenum (Mo_{ss}) (Fig. 1).

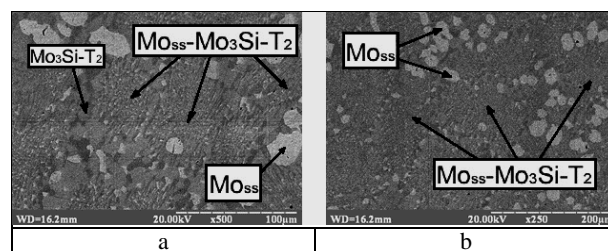


Fig. 1. Microstructure of the Mo-17,5Si- 8B-0,5LaCl₃ alloy: a - x500; b - x250

Thus, the microstructure of the observed material is represented by the alternation of the two (Mo₃Si-T2) and three-phase (Mo_{ss}-Mo₃Si-T2) eutectic with periodic large inclusions of the Mo_{ss} phase.

The structure in the center of the sample is distributed rather uniformly, but closer to the periphery there is a conventional border of division, after which the structure has a clearly directional character. The molybdenum solid solution and the T2 phase were crystallized in the material as dendritic crystals. It is observed the tendency of the dendritic branches to the side borders of the sample due to the temperature gradient between the center and the edge of the crystallization front. The exclusive feature of the alloy is the fine-grained nature of the structure (Fig 2).

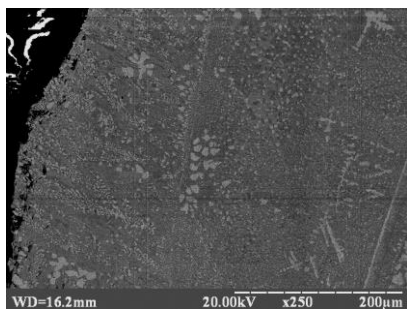


Fig. 2. Macrostructure of the Mo-17,5Si-8B-0,5LaCl₃ alloy from the center to the edge of the sample

The X-ray phase analysis of the Mo-17,5Si-8B-0,5LaCl₃ alloy confirmed the presence of only 3 phases: molybdenum solid solution and both intermetallic phases: Mo₃Si and Mo₅SiB₂ (Fig. 3).

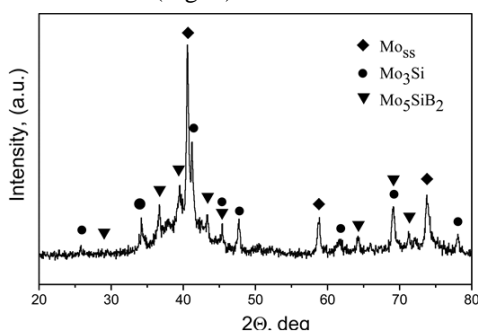


Fig. 3. X-ray diffractogram of the Mo-17,5Si-8B-0,5LaCl₃ alloy

By the Vickers indentation method the values of integral microhardness and fracture toughness of the alloy as $9,25 \pm 0.5$ GPa and $14,32 \pm 0.6$ MPa m^{1/2} were obtained. Such values of the micromechanical properties exceed the values previously obtained for the Mo-17,5Si-8B alloy [8] and are explained by a uniform fine-grained eutectic structure of the prepared material.

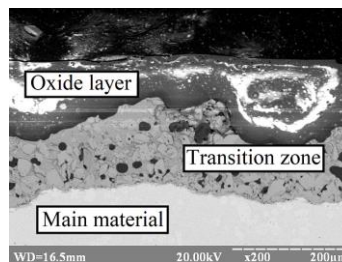


Fig. 4. Macrostructure of the alloy Mo-17,5Si-8B-0,5LaCl₃ after oxidation.

The investigation of oxidation behavior of the material showed that the sample exposure for 10 hours at a temperature of 1030 °C on air atmosphere leads to the formation of the dense protective coating (Fig. 4). Three characteristic zones are distinguished on the microstructure: the oxide layer, the transition zone and the main material. According to [3], the protective layer is a borosilicate SiO₂-B₂O₃ coating and the transition zone consists of two phases: MoO₂ and Mo grains. The formation of MoO₂ and Mo grains may indicate a low partial pressure of oxygen at the interface between the oxide layer and the transition zone, showing the presence of a stable protective coating in the resulting material.

Conclusions. Thus, the directionally solidified eutectic alloy is prepared by floating zone melting of nonsintered powdered rods of Mo-17,5Si-8B-0,5LaCl₃. The microstructure of the alloy consists of the Mo₃Si matrix with predominantly fine-grained inclusions of the Mo₅SiB₂ (T2) and molybdenum solid solution (Mo_{ss}) phases and represents the alternation of the two- (Mo₃Si-T2) and three-phase (Mo_{ss}-Mo₃Si-T2) eutectic with periodic large Mo_{ss} phase activations. The values of integral microhardness and fracture toughness of 9.25 ± 0.5 GPa and 14.32 ± 0.6 MPa m^{1/2}, respectively, exceed the value for non-alloyed Mo-17,5Si-8B alloy. The investigation of oxidation behavior of the material showed that the sample exposure for 10 hours at a temperature of 1030 °C on air atmosphere leads to the formation of the dense protective coating.

REFERENCES

1. Dimiduk D. M. Mo-Si-B alloys: Developing a revolutionary turbine-engine material / D. M. Dimiduk, J. H. Perepezko. // MRS Bulletin. – 2003. – №28. – C. 639–645.
2. Wen S. H. Improvement of oxidation resistance of a Mo-62Si-5B (at.%) alloy at 1250 °C and 1350 °C via an in situ pre-formed SiO₂ fabricated by spark plasma sintering / S. H. Wen, C. G. Zhou, J. B. Sha. // Corrosion Science. – 2017. – №127. – C. 175–185.
3. Transient oxidation of Mo–Si–B alloys: Effect of the microstructure size scale / F. A. Rioult, S. D. Imhoff, R. Sakidja, J. H. Perepezko. // Materials Science and Engineering. – 2009. – №57. – C. 4600–4613.
4. Sharma Paswan. Isothermal oxidation behaviour of Mo–Si–B and Mo–Si–B–Al alloys in the temperature range of 400–800 °C / Sharma Paswan, R. Mitra, S. K. Roy. // Materials Science and Engineering. – 2006. – №424. – C. 251–265.
5. Ductility of Mo–12Si–8.5B alloys doped with lanthanum oxide by the liquid–liquid doping method / Wenhui Li, Guojun Zhang, Shixiong Wang et al. // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – №642. – C. 34–39.
6. Microstructural and micro-mechanical properties of Mo–Si–B alloyed with Y and La / [S. Majumdar, A. Kumar, D. Schliephake]. // Materials Science & Engineering A. – 2013. – №573. – C. 257–263.
7. Lemberg J.A., Ritchie R.O. Mo-Si-B alloys for ultrahigh-temperature structural applications // Advanced Materials. — 2012. —24, № 26. — P. 3445–3480.
8. Microstructure and creep properties of a near-eutectic directionally solidified multiphase Mo-Si-B alloy / [G. Hasemann, I. Bogomol, D. Schliephake and other.]. // Intermetallics. – 2014. – №48. – C. 28–33.

Анализ дивергентной потери устойчивости стационарных режимов движения двухзвенного экипажа

В. Г. Вербицкий, А. И. Безверхий, Д. Н. Татиевский, В. И. Попивший

Запорожская государственная инженерная академия
Corresponding author. E-mail: anatoliy.bezverkyi@hotmail.com

Paper received 10.12.18; Accepted for publication 17.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-22>

Аннотация. Исследуются дивергентная потеря устойчивости стационарных режимов движения упрощенной модели двухзвенного экипажа. Получены аналитические соотношения, определяющие условия дивергентной потери устойчивости при движении с постоянным углом Аккермана; выполнен анализ оценки точности аналитических результатов на основе сопоставления с результатами, полученными численно-аналитическим методом продолжения по параметру для полной модели.

Ключевые слова: двухзвенный экипаж, поворачиваемость, стационарный режим, продолжение по параметру, точки поворота, дивергентная неустойчивость.

Введение. Свойства поворачиваемости автопоезда могут существенно отличаться от соответствующих свойств отдельно взятого тягача вследствие перераспределения вертикальных реакций на осях тягача и возникновения поперечной реакции в точке сцепки с полуприцепом [12], [14]. Особого внимания, с точки зрения безопасности движения, заслуживает анализ условий, при которых возможно скачкообразное изменение (бифуркация складки, отвечающая дивергентной потере устойчивости кругового стационарного режима). Множество параметров, при которых происходят такие скачкообразные переходы стационарных состояний представляет критическое множество или бифуркационное множество, в структуре которого важную роль играют точки заострения (возврата) [7], [24].

Результаты работ Troger H., Zeman K. Fabio Della Rosaa, Giampiero Mastinub, Carlo Piccardia [18], [19] базировались на численном методе продолжения по двум параметрам [22], [23]. В работах [15], [16] Лобаса Л.Г. и Вербицкого В.Г. были рассмотрены вопросы качественного анализа нелинейных моделей колесных двухосных экипажей с привлечением элементов теории бифуркаций. Представленная работа нацелена на дальнейшее развитие графо-аналитического подхода с использованием идей бифуркационного анализа применительно к модели сочлененного экипажа.

Цель. Найти критическое множество параметров управления θ, v , отвечающих дивергентной потере устойчивости множества стационарных режимов движения двухзвенного автопоезда. Необходимо определить условия дивергентной потери устойчивости стационарных круговых режимов, отвечающих движению с различной продольной скоростью по кривой заданного радиуса кривизны (с фиксированным углом Аккермана).

Методы решения. Геометрический метод анализа множества стационарных режимов экипажа [9] в сочетании с подходами качественной теории динамических систем [1], [2] и теории бифуркаций динамических систем [15], [17], [24] дают возможность получить условия дивергентной потери устойчивости на кривой поворачиваемости в общем виде.

Как известно [1], [2], реализация двукратного стационарного режима динамической системы, в нашем случае системы (2), соответствует дивергентной потере устойчивости одного из этой пары режимов, так как якобиан системы (2), вычисленный в данном кратном режиме, имеет определитель равный нулю (последний совпадает со свободным членом соответствующего характеристического уравнения). Такой случай потери устойчивости

отвечает опасной потере устойчивости по Н.Н. Баутину [2]. Таким образом, определяя параметры управления, которым отвечают кратные стационарные режимы системы (2) (критические значения параметров), получим границу дивергентной потери устойчивости всего множества стационарных режимов. Оказывается, что это возможно без предварительного нахождения самого множества стационарных состояний системы (2).

Основная часть. В работе принят ряд упрощающих предположений, традиционных в задачах графо-аналитического анализа многообразий стационарных режимов велосипедной модели седельного автопоезда [4, 11]. Схема сочлененного экипажа приведена на рис.1.

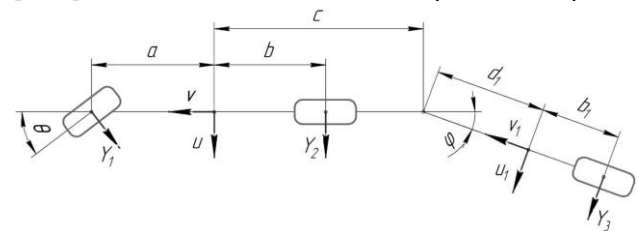


Рис.1. Конструктивная схема модели двухзвенного автопоезда

Здесь:

- v - продольная составляющая центра масс тягача;
- θ - угол поворота управляемого модуля;
- a, b - расстояние от центра масс тягача до центров передней (управляемой) оси и задней оси тягача;
- c - расстояние от центра масс тягача до точки сцепки со вторым звеном;
- b_1 - расстояние от центра масс второго звена до его задней оси;
- d_1 - расстояние от центра масс второго звена до точки сцепки с тягачом;
- Y_i - силы увода на осях, коэффициенты сопротивления уводу на осях k_i ;
- m - масса тягача;
- u - поперечная проекция вектора скорости центра масс тягача;
- ω - угловая скорость тягача, относительно вертикальной оси;
- m_2 - масса второго звена;
- v_1, u_1 - продольная и поперечная проекции вектора скорости центра масс полуприцепа;
- φ - угол складывания (угол между продольной осью тягача и полуприцепа).

Исходная система, определяющая множество стационарных режимов нелинейной модели двухзвенного автопоезда имеет вид

$$\begin{aligned} -(m + m_2)\omega v + Y_1 + Y_2 + Y_3 \cos \varphi + m_2 d_1 \omega^2 \sin \varphi &= 0; \\ c m_2 \omega v + a Y_1 - b Y_2 - c Y_3 \cos \varphi - c m_2 d_1 \omega^2 \sin \varphi &= 0; \end{aligned} \quad (1)$$

$$L_1 Y_3 - m_2 d_1 \omega v \cos \varphi + m_2 d_1 \omega u \sin \varphi - c m_2 d_1 \omega^2 \sin \varphi = 0;$$

$$\delta_1 = \theta - \frac{u + a\omega}{v};$$

$$\delta_2 = \frac{-u + b\omega}{v};$$

$$\delta_3 = \frac{-u_1 + b_1\omega}{v_1};$$

$$u_1 = (u - c\omega) \cos \varphi + v \sin \varphi - d_1\omega;$$

$$v_1 = v \cos \varphi - (u - c\omega) \sin \varphi,$$

где δ_i - углы увода на осях;

$l = a + b$ - длина тягача;

$L_1 = b_1 + d_1$ - длина второго звена.

Упрощенная (частично линеаризованная при малых углах φ) система уравнений, определяет стационарный режим движения автопоезда:

$$\begin{aligned} -(m + m_2)\omega v + Y_1 + Y_2 + Y_3 &= 0; \\ cm_2\omega v + aY_1 - bY_2 - cY_3 &= 0; \\ -d_1m_2\omega v + L_1Y_3 &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

После исключения Y_3 система (2) приводится к замкнутой системе двух уравнений, которая отвечает некоторому приведенному тягачу (одному ведущему звену) с массой $m + \frac{m_2b_1}{L_1}$:

$$\begin{aligned} -(m + \frac{m_2b_1}{L_1})\omega v + \bar{Y}_1N_1 + \bar{Y}_2N_2 &= 0 \\ (a + \frac{cb_1m_2}{L_1(m + \frac{m_2b_1}{L_1})})\bar{Y}_1N_1 - (b - \frac{cb_1m_2}{L_1(m + \frac{m_2b_1}{L_1})})\bar{Y}_2N_2 &= 0 \end{aligned}$$

где $\bar{Y}_i = Y_i / N_i$ - безразмерная сила увода на i -й оси;

$$N_1 = \frac{bL_1m - (c-b)b_1m_2}{L_1l} g, \quad N_2 = \frac{(a+c)b_1m_2 + aL_1m}{L_1l} g$$

вертикальные реакции на осях.

После упрощения система (3) примет вид

$$\begin{aligned} -\omega v / g + \bar{Y}_1 \cdot b' / l + \bar{Y}_2 \cdot a' / l &= 0; \\ \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 &= 0, \end{aligned}$$

где $a' = (a + \frac{cb_1m_2}{L_1(m + \frac{m_2b_1}{L_1})})$ - приведенное расстояние от

центра масс до передней оси приведенного тягача;

$b' = (b - \frac{cb_1m_2}{L_1(m + \frac{m_2b_1}{L_1})})$ - приведенное расстояние от центра масс до задней оси приведенного тягача.

Решение этой системы имеет вид:

$$\bar{Y}_1(\delta_1) = \bar{Y}_2(\delta_2) = \frac{\omega v}{g},$$

тогда решением системы (2) будет:

$$\bar{Y}_1(\delta_1) = \bar{Y}_2(\delta_2) = \bar{Y}_3(\delta_3) = \frac{\omega v}{g} = \bar{a}_y \cdot (4)$$

1. Определяющее уравнение и уравнение поворачиваемости. Из определения углов увода δ_1, δ_2 в (1) следует $\delta_2 - \delta_1 = l\omega/v - \theta$. Далее разрешая соотношения (4) относительно углов увода δ_1, δ_2 , получим:

$$\begin{aligned} \delta_1 = \bar{Y}_1^{-1}(\bar{a}_y) = G_1(\bar{a}_y), \quad \delta_2 = \bar{Y}_2^{-1}(\bar{a}_y) = G_2(\bar{a}_y), \\ \delta_2 - \delta_1 = G_2(\bar{a}_y) - G_1(\bar{a}_y). \end{aligned}$$

После подстановки в последнее уравнение, получим определяющее уравнение (5):

$$\begin{aligned} G(\bar{a}_y) = l\omega/v - \theta; \quad \omega = g\bar{a}_y/v; \quad (5) \\ G(\bar{a}_y) = gl/v^2 \cdot \bar{a}_y - \theta. \end{aligned}$$

Заметим, что если принять в качестве независимого аргумента $\bar{a}_y = \frac{v^2}{gR}$ (при фиксированном значении R), то уравнение (5) будет задавать кривую поворачиваемости (6)

$$G(\bar{a}_y) = gl/v^2 \cdot \frac{v^2}{gR} - \theta = l/R - \theta. \quad (6)$$

Нахождение круговых стационарных режимов на основе графо-аналитического подхода, использующего уравнение (5), предполагает знание двух параметров θ, v . Далее необходимо вычислить наклон подвижной прямой $\delta_2 - \delta_1 = gl/v^2 \cdot \bar{a}_y - \theta$, а после определения точек пересечения с неподвижной кривой $G(\bar{a}_y)$, найти соответствующие точкам пересечения значения удельного бокового ускорения \bar{a}_y и разность углов увода $\delta_2 - \delta_1$.

В случае круговых стационарных режимов, отвечающих фиксированному радиусу кривизны R , процедуру построения можно упростить. Действительно, выбрав текущее значение удельного бокового ускорения $\bar{a}_y = \frac{v^2}{gR}$,

мы однозначно определяем одну точку пересечения подвижной прямой с неподвижной кривой $G(\bar{a}_y)$ (точка 1 на рис. 2).

Далее определяется соответствующее величине \bar{a}_y значение угла поворота управляемых колес θ

(по графику кривой поворачиваемости - точка 2 на рис. 4). Последний шаг - определение точки 3 с координатами $(0, -\theta)$,

через которую должна проходить подвижная прямая. Отметим, что разность аппликат точек 1 и 3 остается постоянной для любого стационарного режима на кривой поворачиваемости и равна l/R (величине угла Аккермана). Этот факт можно использовать при определении условий дивергентной потери устойчивости на кривой поворачиваемости, что и будет выполнено ниже.

2. Анализ дивергентной потери устойчивости многообразия круговых стационарных режимов движения и построение бифуркационного множества в плоскости параметров управления как двойственной кривой к $G(\bar{a}_y)$.

Стационарным режимам системы (1) соответствуют точки пересечения неподвижной кривой $\delta_2 - \delta_1 = G(\bar{a}_y)$

и подвижной прямой $\delta_2 - \delta_1 = gl/v^2 \cdot \bar{a}_y - \theta$. При определении устойчивости стационарных режимов на основе графо-аналитического подхода будут полезны следующие положения [1], [7], [13]:

1. Для устойчивости стационарного режима наклон подвижной прямой должен быть больше наклона неподвижной кривой в соответствующей точке пересечения (рис. 2).

2. Дивергентная потеря устойчивости стационарного режима происходит лишь при реализации кратного стационарного режима - в момент касания подвижной кривой с неподвижной (рис.2).

Последний критерий гарантирует сохранение свойств устойчивости стационарного режима при его эволюции, вследствие изменения параметров управления, вплоть до момента реализации кратного стационарного режима.

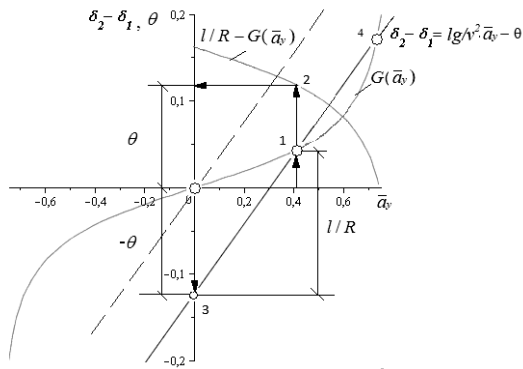


Рис.2. Иллюстрация к графо-аналитическому приему нахождения стационарных режимов, отвечающих заданному значению угла Аккермана

Приведем пример анализа устойчивости прямолинейного режима движения. Из линейной теории следует, что в случае $\bar{k}_1 > \bar{k}_2$ (случай избыточной поворачиваемости) прямолинейный режим устойчив при

$$v < v_{kp} = \sqrt{\frac{l^* g}{1/\bar{k}_2 - 1/\bar{k}_1}}$$

Так как наклон подвижной прямой $\delta_2 - \delta_1 = gl/v^2 \cdot \bar{a}_y$ ($\theta = 0$) (прерывистая прямая на рисунке 2) gl/v^2 , а наклон неподвижной кривой в начале координат $1/\bar{k}_2 - 1/\bar{k}_1$, то из условия $v < v_{kp}$ следует справедливость положения 1)

$$l \cdot g / v^2 > G'(\bar{a}_y) \Big|_{\bar{a}_y=0} = 1/\bar{k}_2 - 1/\bar{k}_1,$$

Положение 2) уже обсуждалось выше. При фиксированной докритической скорости и $\theta > 0$ устойчивый стационарный режим переходит в устойчивый круговой (точка 1 на рис.2), пока с ним не сольется при некотором θ^* неустойчивый стационарный режим (точка 4 на рис.2).

Таким образом, бифуркационным значениям параметров v и θ отвечает касание подвижной прямой к кривой $G(\bar{a}_y)$, а все бифуркационное множество параметров порождает кривую двойственную к $G(\bar{a}_y)$ [14]. Ее параметрическое представление $\theta = \theta(\bar{a}_y)$, $v = v(\bar{a}_y)$ имеет вид [13]:

$$\begin{aligned} \theta &= G'(\bar{a}_y) \cdot \bar{a}_y - G(\bar{a}_y); \\ v &= \sqrt{\frac{gl}{G'(\bar{a}_y)}} \end{aligned} \quad (7)$$

Точки возврата («каспы») двойственной кривой соответствуют точкам перегиба исходной кривой $G(\bar{a}_y)$.

Условие дивергентной потери устойчивости на кривой поворачиваемости можно получить в аналитическом виде. Из рис. 2 следует, что в случае дивергентной потери устойчивости подвижная прямая должна быть касательной к неподвижной кривой $G(\bar{a}_y)$, но при этом должно выполняться соотношение

$$\theta = l/R - G(\bar{a}_y).$$

Тогда приравняв правые части первого уравнения (7) и последнего уравнения, получим

$$G'(\bar{a}_y) \cdot \bar{a}_y = l/R. \quad (9)$$

Из «геометрического» критерия устойчивости следует, что дивергентная потеря устойчивости круговых стационарных режимов, отвечающих кривой поворачиваемости, связана с нарушением неравенства

$$G'_{21}(\bar{a}_y) \cdot \bar{a}_y < l/R.$$

Результаты и их обсуждение. Проанализируем условия, при которых системы (1) и (2) имеют лишь количественные рассогласования. Воспользуемся для построения равновесных кривых, отвечающих исходной системе (1), численно-аналитическим методом продолжения по параметру. Равновесные кривые, отвечающие системе (2), можно задать аналитически в параметрической форме (по угловой скорости)

$$\theta = l \cdot g \cdot \bar{a}_y / v^2 - G(\bar{a}_y);$$

$$\omega = \bar{a}_y \cdot g / v^2$$

Сопоставление равновесных кривых представлено на рис. 3, а, б для следующих числовых значений параметров:

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $a = 4,217 \text{ м}$; $b = 3,376 \text{ м}$; $b_1 = 2,93 \text{ м}$; $d_1 = 8,075 \text{ м}$; $c = 3,376 \text{ м}$; $m = 6417 \text{ кг}$; $m_2 = 41846 \text{ кг}$; $k_1 = 100000 \text{ Н}$; $k_2 = 300000 \text{ Н}$; $k_3 = 300000 \text{ Н}$; $\kappa_1 = 0,8$; $\kappa_2 = 0,8$; $\kappa_3 = 0,8$;

продольные силы в пятне контакта колес с опорной поверхностью не учитывались.

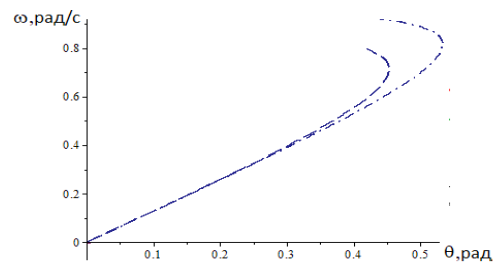
Рассматриваются два вида зависимости сил бокового увода:

$$1) \bar{Y}_i = 2\kappa_i a \tan(0,5\bar{k}_i \delta_i \pi / \kappa_i) / \pi; \quad G_i = 2 \tan(0,5\pi \bar{a}_y / \kappa_i) \kappa_i / \pi \bar{k}_i$$

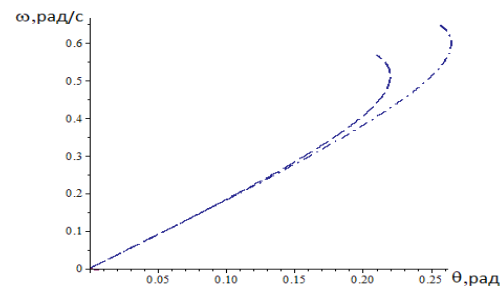
$$2) \bar{Y}_i = \bar{k}_i \delta_i / \sqrt{1 + (\bar{k}_i \delta_i / \kappa_i)^2}; \quad G_i = \bar{a}_y / \bar{k}_i \sqrt{1 - (\bar{a}_y / \kappa_i)^2}$$

Графическое представление результатов, отвечающих линеаризованной системе (2), при аппроксимации боковой силы в виде арктангенсоиды задается пунктирными кривыми, а при аппроксимации сил увода дробно-иррациональной зависимостью - штрих-пунктирными.

Отметим, что точкам поворота на равновесных кривых отвечает дивергентная потеря устойчивости стационарного режима при некотором значении угла управления θ . Множество точек поворота образует бифуркационное множество, которое независимым способом получено на основе соотношений (9) (рис. 3, а) для двух различных типов аппроксимации зависимостей сил бокового увода. Критическое множество параметров систем (1) и (2) для случая аппроксимации сил увода в виде арктангенсоиды представлено на рисунке 3, б), причем критическое множество системы (1) получено на основе численно-аналитического метода продолжения по двум параметрам (непрерывная кривая) [23].



а)



б)

Рис.3. Равновесные кривые: а) при скорости 8 м/с, б) при скорости 10 м/с.

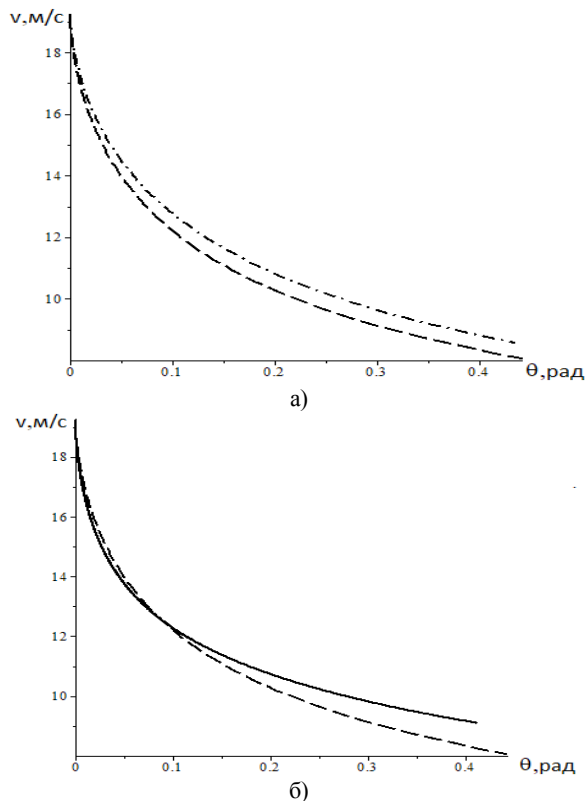


Рис.4. Бифуркационные диаграммы:

- а) случай линейризованной системы (2) для двух различных способов аппроксимации сил бокового увода;
- б) бифуркационная диаграмма систем (1), (2) в случае аппроксимация зависимости сил увода в виде арктангенсоиды

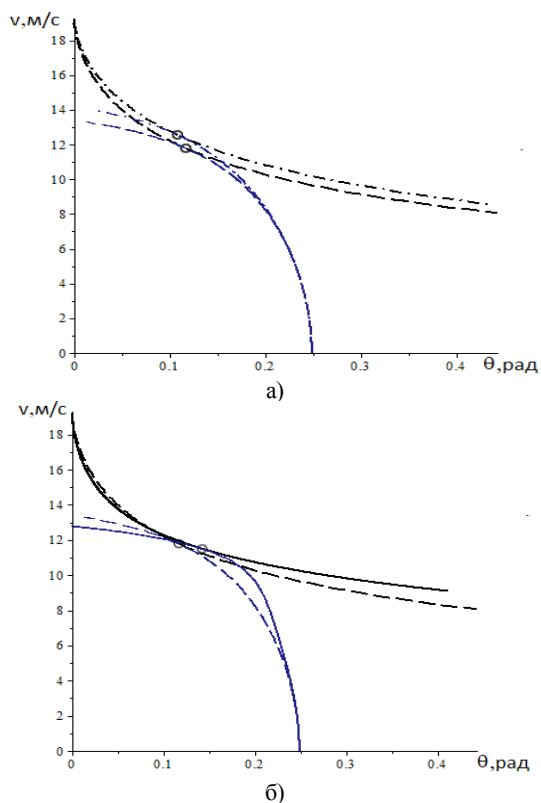


Рис.3. Определение параметров управления при дивергентной потере устойчивости стационарных режимов, отвечающих кривой поворачиваемости, с использованием бифуркационной диаграммы:

- а) случай линейризованной системы (2) для двух различных способов аппроксимации сил бокового увода;
- б) бифуркационная диаграмма систем (1), (2) в случае аппроксимация зависимости сил увода в виде арктангенсоиды.

Таким образом, критическое множество параметров исходной системы (1) достаточно точно воспроизводится критическим множеством приближенной системы (2), однако при достаточно малых значениях параметра продольной скорости имеют место расхождения качественного характера – для исходной системы имеется интервал продольной скорости, при котором отсутствует дивергентная потеря устойчивости, в отличие от приближенной системы (2). Тем не менее, методы анализа дивергентной потери устойчивости применительно к приближенной системе (2) могут оказаться весьма полезны на этапе предварительного анализа, результаты которого могут уточняться по мере необходимости на основе полной системы (1).

Перейдем к анализу дивергентной потери устойчивости стационарных круговых режимов, удовлетворяющих кривой поворачиваемости (6). Так как рассматриваемый случай является частным случаем потери устойчивости кругового стационарного режима, это дает возможность при совмещении диаграммы устойчивости (бифуркационного множества) и кривой поворачиваемости на одной координатной плоскости определить их общие точки (если такие имеются).

Условие дивергентной потери устойчивости (случай линейризованной системы (2) для двух различных способов аппроксимации сил бокового увода) на кривой поворачиваемости можно определить из соотношения (9). Так пусть кривая поворачиваемости отвечает параметру $R=30,5$ м: для случая дробно-иррациональной зависимости получим $\bar{a}_y = 0,52717$, из уравнения поворачиваемости $\theta=0,1081$ рад, критическое значение параметра $v=12,559$ м/с найдем из соотношения $\bar{a}_y = v^2 / (R \cdot g)$; для случая арктангенсоиды $\bar{a}_y = 0,46440$; $\theta=0,1168$ рад, критическое значение параметра $v=11,788$ м/с.

Выводы.

1. Показана возможность сведения задачи определения множества стационарных состояний модели двухзвенного экипажа к аналогичной задаче для модели приведенного двухосного экипажа (представлены конструктивные параметры сведенного экипажа в явном виде).

2. Проиллюстрировано развитие аналитико-геометрического метода анализа множества стационарных режимов экипажа на примере движения с постоянным углом Аккермана, критерий дивергентной потери устойчивости на кривой поворачиваемости может быть получен как на основе «геометрического подхода», так и аналитического.

3. Приведены результаты построения критического множества параметров управления для двух частных случаев задания нелинейных сил увода (анализ чувствительности системы к различным способам аппроксимации сил увода)

4. Продемонстрирована взаимосвязь между критическим множеством параметров управления и частным случаем потери устойчивости при движении с постоянным углом Аккермана (что указывает на внутреннюю непротиворечивость полученных результатов, наряду с независимым численным анализом соответствующей полной динамической системы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкен С.Э. Теория колебаний. – М.: Физматгиз, 1950. – 916с.
2. Bautin N.N. Behaviour of Dynamical Systems near the Boundary of the Stability Domain. Nauka, Moscow, 1984. (in Russian)
3. Баутин Н.Н., Леонтович Е. А. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. – М.: Наука, 1990. – 488 с.
4. Ellis J. R. Vehicle Dynamics. – Mashinostroenie, Moscow, 1975. – 216 с. (Russian translation).
5. Kravchenko A.P., Verbitskii V.G., Zagorodnov M.I., Bannikov V.O., Sakno O.P., Efimenko A.N., Turchina N.A. On the problem of the steerability analysis of the automobile non-linear model. – Naukovi visti Dalivskogo universitetu. Elektrone naukove fakhove vidanua 2010 - №1 (in Russian).
6. Gillespie, Thomas D. Fundamentals of Vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers, Inc.1992– 470 p.
7. Arnold V.I., 1990.: Catastrophe Theory. - Moscow: Nauka.–128 p. 5
8. Poston T., Stewart I., 1980.: Catastrophe Teory And Its Applications. - Moscow: Mir. – 607 p.
9. Pevsner J.M., 1947.: Theory of stability of automobile. – Moscow: Mashisdat. – 156 p.
10. Pacejka. H.B., 1978.: Tyre factors and vehicle handling // Delf Univ. Technol. – №108. - 31 p.
11. J.P. Pauwelussen: Analysis and prevention of excessive lateral behaviour of articulated vehicles. XII International Heavy Truck Conference, 13-15 September 1995, Budapest, Hungary
12. Verbitskii V.G., Lobas L.G. Varieties of stationary states of two-unit articulated vehicle and their stability // Prikl. Mech. -1989. - 26, №12. - P. 97 - 104.
13. Verbitskii V.G., Lobas L.G., 1981.: Method of determination of the special points and their character // Applied mathematics and mechanics. – №45(5). – P. 944 – 948.
14. Verbitskii V.G., Lobas L.G. Bifurcation of steady states of an assemblage of absolutely rigid and rolling elastic bodies // Izv. Akad. Nauk SSSR, MTT - 1991.- №3. - P. 30 - 37.
15. Verbitskii V.G., Lobas L.G. Bifurcations of steady states in systems with rolling under constant force perturbations // Journal of Applied Mathematics and Mechanics.-1994. - 58, №5. -P. 933-939.
16. Verbitskii V.G., Lobas L.G. Real bifurcations of two-unit systems with rolling // Journal of Applied Mathematics and Mechanics. - 1996. - 60, № 3. - P. 413 – 419.
17. Вербицкий В.Г. Особенности многообразий стационарных состояний в окрестности симметричного решения динамической системы с симметрией//Доповіді НАН України 1999.-№8.-С.52-55.
18. Troger H., Zeman K., 1984.: A nonlinear analysis of the generic types of loss of stability of the steady state motion of the tractor – semitrailer // Vehicle System Dynamics. V. 13. -№ 4. - P. 161-172.
19. Fabio Della Rossaa, Giampiero Mastinub, Carlo Piccardia. Bifurcation analysis of an automobile model negotiating a curve/ Vehicle System Dynamics Vol. 50, No. 10, October 2012, - P.1539–1562.
20. M. F. J. van de Molengraft-Luijten, I. J. M. Besselink, R. M. A. F. Verschuren, and H. Nijmeijer, “Analysis of the lateral dynamic behaviour of articulated commercial vehicles,” Vehicle System Dynamics, vol. 50, supplement 1, pp. 169–189, 2012.
21. Ren YY, Zheng XL, Li XS (2012) Handling stability of tractor semitrailer based on handling diagram. Discrete Dynamics in Nature and Society, vol 2012, Article ID 350360, 16 pp.
22. Shinohara Y., 1972.: A geometric method for the numerical solution of non-linear equations and its application to non-linear oscillations. Publ. Res. Inst. Math. Sci., Kyoto Univ. 8, 1. - P. 13 - 42.
23. Holodniok M., Klic A., Kubicek M., Marek M., 1991.: Methods of Analysing Non-linear Dynamic Systems. - Moscow: Mir. – 368 p.
24. Bruce J., Giblin P., 1988.: Curves and Singularities. – Moscow: Mir. – 262 p.

REFERENCES

1. Andronov A.A., Witt A.A., Heiken S.E. Theory of oscillations. - M.: Fizmatgiz, 1950. – 916 p.
3. Bautin N.N., Leontovich E.A. Methods and techniques for qualitative research of dynamic systems on a plane.-M.: Science, 1990.- 488 p.
17. Verbitskii V.G. Features of stationary states manifolds in the neighborhood of a symmetric solution of a dynamical system with symmetry // Supplements of the National Academy of Sciences of Ukraine -1999.-№8.- P.52 - 55.

Analysis of a divergent stability loss of two-tier crew stationary driving modes

V. G. Verbytskyi, A. I. Bezverkhyi, D. N. Tatievskyi, V. I. Popivshchyi

Abstract. The divergent stability loss of stationary driving modes of a simplified two-tier crew model is investigated. Analytical relations that determine the conditions for the divergent stability loss while driving with a constant Ackerman angle are obtained. Analysis of the analytical results accuracy is carried out by comparing with the results obtained by the numerical-analytical method of continuation by a parameter for the full model.

Keywords: two-tier crew, understeer, stationary mode, continuation by a parameter, turning points, divergent instability.

Допустимая загрузка контейнеровоза

Е. А. Власенко

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

Paper received 16.12.18; Accepted for publication 20.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-23>

Аннотация. Отмечены особенности расчета загрузки контейнеровоза с учетом существенных факторов. Рассмотрена ситуация размещения партии груза, предназначенной для выгрузки в последнем порту назначения. Разработаны и предложены процедуры размещения контейнеров по бейтам и ярусам грузового помещения с учетом требований по посадке, остойчивости и общей продольной прочности судна. Приведены аналитические зависимости для формирования допустимого тензора загрузки судна контейнерами. С помощью разработанной компьютерной программы приведен пример формирования допустимого тензора загрузки судна, обеспечивающего минимум приема балласта.

Ключевые слова: мореходная безопасность, загрузка контейнеровоза, формирование допустимого тензора загрузки.

Введение. При планировании загрузки контейнеровозов необходимо учитывать ротацию портов при загрузке или разгрузке в нескольких портах и силы инерции, воздействующих на груз при качке. При приеме судном груза, который будет выгружаться частями в нескольких последовательных портах, на каждом переходе между портами его мореходное состояние будет разным, поэтому во время каждого перехода параметры остойчивости, посадки и прочности судна должны находиться в допустимых пределах, а возникающие силы инерции от его качки, не должны превосходить допустимых пределов. Следовательно, при загрузке контейнеровоза с последующей разгрузкой в нескольких портах размещение груза должно производиться с учетом последовательности портов выгрузки, чтобы доступ к необходимым партиям груза был свободен, а также с учетом того, что все промежуточные состояния загрузки отвечали требованиям мореходности судна, а возникающие силы инерции не превосходили предельных значений.

Краткий обзор публикаций по теме. Ряд работ отечественных и зарубежных исследователей посвящен проблеме обеспечения надлежащего уровня мореходной безопасности судов. Основные принципы обеспечения мореходной безопасности судов рассмотрены в работе [1]. В работе [2] приводится и исследуется модель бортовой качки накатных судов с уравновешивающим расположением помещений при затоплении их части. В работе [3] исследована корреляционная зависимость между формой корпуса судна и его диаграммы статической остойчивости, также получена аппроксимированная формула расчета метацентрической высоты и проведено исследование задачи синтеза формы корпуса с заданной величиной метацентрической высоты. Способ обеспечения плавучести аварийного судна типа RO-RO и паромов, предусматривающий закрытые емкости, установленные по бортам и под палубой вдоль и поперек судна рассмотрен в патенте [4].

В работе [5] описываются метод расчета предельной прочности продольных балок корпуса судна, метод подкрепленной панели и метод расчета диаграммы нагрузок и анализа последовательного разрушения при заданных начальных деформациях и остаточных напряжениях.

Опыт применения Германским Ллойдом различных численных методов оценки прочности

и вибрации судна описывается в работе [6] и показано, что наиболее эффективным является метод конечных элементов.

Как указывается в статье [7], на базе многолетнего опыта эксплуатации судов в арктических районах собран статистический материал и разработаны методы расчетов запаса надежности судовых конструкций.

Работа [8] посвящена учету особенностей загрузки генеральных грузов и выбору ее оптимального варианта, а общие принципы оптимизации грузовых операций навалочных судов рассмотрены в работе [9].

Цель. Цель статьи - разработка способа загрузки контейнеровоза, удовлетворяющей требованиям посадки, остойчивости и продольной прочности судна.

Материалы и методы. Рассмотрим вопрос загрузки контейнеровоза подробнее, предлагая следующую формализацию указанной задачи [10]. Под загрузкой судна G будем понимать множество партий груза P_i , находящихся на судне, судовые запасы P_z , балласт P_b и их размещение на судне Q . Партию груза, к которой имеется свободный доступ для выгрузки, обозначим \tilde{P}_i . Поэтому:

$$G = \{ \cup P_i, P_b, P_z, Q \}.$$

После завершения грузовых операций в порту отправления начальная загрузка судна

$$G_o = \{ \tilde{P}_i \cup P_i, P_b, P_z, Q_o \}$$

должна обеспечить доступность к грузам, выгружаемым в первом порту разгрузки, обеспечить допустимое мореходное состояние $M_o \in Mn_{sf}$ (здесь Mn_{sf} - множество безопасных мореходных состояний) и значение сил инерции качки F_{jk} в допустимых пределах, т. е.

$$F_{jko} < F_{jd}.$$

Отметим, что будем различать размещение груза Q_c и балласта Q_b .

$$G_o = \{ \tilde{P}_i \cup P_i, Q_{co}, P_z, P_{bo}, Q_{bo} \} \quad \text{или}$$

$$G_o = \{ G_{co}, P_{bo}, Q_{bo} \}, \quad \text{где}$$

$G_{co} = \{\tilde{p}_1 \cup p_i, Q_{co}, P_z\}$ - размещение груза на судне, допуская неизменным значение P_z .

После выгрузки в первом порту загрузка $G_1 = \{\tilde{p}_2 \cup p_i, Q_{c1}, P_z, P_{b1}, Q_{b1}\}$ или

$G_1 = \{G_{c1}, P_{b1}, Q_{b1}\}$. Загрузка судна после сдачи груза в s -м порту формально выражается следующим образом:

$$G_s = \{G_{cs}, P_{bs}, Q_{bs}\},$$

причем $G_{cs} = \{\tilde{p}_{s+1} \cup p_i, Q_{cs}, P_z\}$.

Таким образом, каждая из загрузок судна G_s должна отвечать требованию свободного доступа к грузу, который должен выгружаться в следующем порту и обеспечивать мореходную безопасность $M_s \in Mn_{sf}$, как и допустимость сил инерции на качке $F_{jks} < F_{jd}$, на предстоящем переходе. Формально это можно выразить следующим образом:

$$G_s = \{G_{cs}, P_{bs}, Q_{bs}\},$$

$$G_{cs} = \{\tilde{p}_{s+1} \cup p_i, Q_{cs}, P_z\}, \quad (s=0 \dots n-1)$$

$$M_s \in Mn_{sf},$$

$$F_{jks} < F_{jd},$$

где n – число портов выгрузки.

Для формирования последовательности загрузок судна G_s , удовлетворяющих указанным требованиям, учитываем, что размещение груза G_{cs} в каждой загрузке судна включено в предыдущее $G_{c(s-1)}$. Следовательно, начальное размещение груза G_{co} содержит все последующие размещения G_{cs} и справедливы соотношения:

$$G_{cs} \subset G_{co}, \quad (s=0 \dots n-1)$$

$$\bigcup_{s=1}^{n-1} G_{cs} = G_{co}.$$

Поэтому при формировании начальной загрузки G_o необходимо начинать с определения допустимой последней загрузки $G_{c(n-1)}$ перед сдачей груза в последнем порту, а затем пошагово перемещаться к предыдущей загрузке, пока не будет получена начальная загрузка.

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим формирование загрузки партии груза $G_{c(n-1)}$ перед ее сдачей в последнем порту, полагая прием контейнеров в одно грузовое помещение, причем будем считать, что все контейнеры имеют одинаковые размеры, а центр тяжести контейнера совпадает с его геометрическим центром.

Грузовое помещение имеет сотовый тип, причем ячейка соты является потенциальным контейнерным

местом. Положение центра ячейки в грузовом помещении задается относительно судовой системы координат и характеризуется координатами X_s, Y_s и Z_s , где s – индекс ячейки в грузовом помещении. Массу каждого контейнера обозначим m_j , где j – индекс контейнера в партии.

Загрузка предусматривает размещение контейнеров по ячейкам грузовых помещений, т. е. масс m_j по координатами X_s, Y_s, Z_s , таким образом, чтобы выполнялись требования по посадке, остойчивости и прочности судна. Допускаем, что суммарный вес контейнеров не превосходит грузоподъемности, а их количество $N_{\Sigma c}$ равно числу ячеек грузового помещения $N_{\Sigma b}$, т. е. $N_{\Sigma c} = N_{\Sigma b}$.

Грузовое помещение можно представить в виде трехмерной матрицы, столбцы которой характеризуют расположение ячеек в грузовом помещении по длине судна, строки - по его ширине, а ярусы - по высоте.

Так как первой формируется загрузка для множества контейнеров последнего N_p -го порта, то рассматриваем множество контейнеров Mn_{Np} с массой m_{Npj} .

Загружаемая партия помещается в центральном трюме судна, через который проходит мидельшпангоут. Рассмотрим две системы координат: одна, связанная с судном - стандартная, а вторая - система координат, связанная с грузовым помещением, начало которой определяется в судовой системе координат. Для рассматриваемого случая система координат трюма совпадает с судовой системой координат. Структура трюма характеризуется упорядоченными ячейками в трехмерном пространстве, причем размеры ячейки равны размерам контейнера $\Delta x, \Delta y$ и Δz , а число бейтов равно a , число ярусов - c и число контейнеров в ярусе - b . Формализация структуры трюма целесообразна трехмерной матрицей, элементами которой являются координаты геометрического центра ячеек X_i, Y_j и Z_k ($i=1..a, j=1..b, k=1..c$).

Очевидно, с учетом размеров контейнера, как следует из рис. 1:

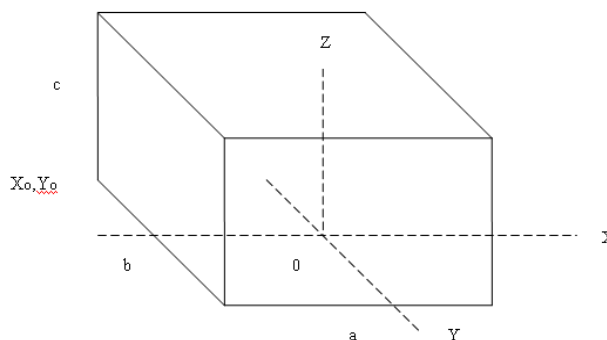


Рис. 1. Система координат грузового помещения

$$\begin{aligned} x_i &= X_o + \frac{2i-1}{2} \Delta x, \\ y_j &= Y_o + \frac{2j-1}{2} \Delta y, \\ z_k &= Z_o + \frac{2k-1}{2} \Delta z. \end{aligned}$$

Учитываем, что $X_o = -\frac{a}{2} \Delta x$, $Y_o = -\frac{b}{2} \Delta y$ и $Z_o = 0$:

$$\begin{aligned} x_i &= \left(\frac{2i-1}{2} - \frac{a}{2}\right) \Delta x, \\ y_j &= \left(\frac{2j-1}{2} - \frac{b}{2}\right) \Delta y, \\ z_k &= \frac{2k-1}{2} \Delta z. \end{aligned}$$

Число контейнеров и число ячеек трюма равны abc . Множество контейнеров Mn_{Np} с массами m_{Nps} необходимо распределить по ячейкам, т. е. загрузка подразумевает дополнение каждого элемента матрицы скалярной величиной, равной весу контейнера. Теперь каждый элемент матрицы характеризуется координатами x_i , y_j , z_k и весом gm_{ijk} . Данное обстоятельство преобразует матрицу в тензор загрузки.

Приращения статических моментов ΔM_x , ΔM_y и ΔM_z , которые возникают в результате приема груза, зависят от элементов тензора загрузки следующим образом:

$$\begin{aligned} \Delta M_x &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} x_i; \\ \Delta M_y &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} y_j; \\ \Delta M_z &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} z_k. \end{aligned}$$

С учетом ранее полученных выражений для x_i , y_j и z_k :

$$\begin{aligned} \Delta M_x &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} \left(\frac{2i-1}{2} - \frac{a}{2}\right) \Delta x; \\ \Delta M_y &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} \left(\frac{2j-1}{2} - \frac{b}{2}\right) \Delta y; \quad (1) \\ \Delta M_z &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c gm_{ijk} \left(\frac{2k-1}{2}\right) \Delta z. \end{aligned}$$

Для обеспечения мореходной безопасности приращения статических моментов ΔM_x , ΔM_y и ΔM_z должны удовлетворять следующим требованиям:

$$\Delta M_x = \Delta M_d; \Delta M_y = 0; \Delta M_z = \Delta M_h,$$

где ΔM_d и ΔM_h - моменты, которые обеспечи-

вают требуемые значения дифферента, остойчивости и общей продольной прочности судна.

В уравнениях (1) вакантные массы m_{ijk} в тензоре загрузки необходимо заместить массами m_{Nps} контейнеров множества Mn_{Np} таким образом, чтобы разница между правой и левой частями каждого из уравнений была минимальна.

Прежде всего, необходимо проверить, возможно ли обеспечить приращением момента ΔM_d весом контейнеров множества Mn_{Np} . В случае положительного результата проверки формирование тензора загрузки производится следующим образом.

Первым этапом формирования тензора загрузки является распределение контейнеров по бейтам трюма, следуя следующим соображениям. Суммарный вес P_Σ загружаемых контейнеров множества Mn_{Np} разделим на число бейтов и получим средний вес контейнеров бейта $P_{cp} = P_\Sigma / a$.

Для создания необходимого дифферента, который обеспечивается приращением момента ΔM_d , необходимо изменить средний вес бейта P_{cp} на величину, кратную некоторому весу ΔP .

В результате проведенного исследования распределение веса P_Σ всех загружаемых контейнеров по бейтам должно осуществляться согласно зависимостям:

$$P_i = P_{cp} + \left[\frac{a}{2} - (i-1)\right] \Delta P \quad (i \leq a/2)$$

$$P_i = P_{cp} - \left[\frac{a}{2} - (i-1)\right] \Delta P, \quad (i > a/2)$$

где $\Delta P = \frac{\Delta M_d}{2 \Delta x \Phi(a)}$ и

$$\Phi(a) = \sum_{i=1}^{a/2} \left\{ \left[\frac{a}{2} - (i-1)\right] \left[\frac{a-1}{2} - (i-1)\right] \right\}.$$

Множество контейнеров Mn_{Np} с весами P_{cj} необходимо разместить по бейтам, учитывая, что число контейнеров каждого бейта одинаково и равно $n_a = bc$, а вес каждого бейта был максимально близок к полученному значению P_i .

Для соблюдения указанных условий множество контейнеров Mn_{Np} следует разделить на a подмножеств Mn_a с одинаковым числом контейнеров n_a , учитывая что вес контейнеров каждого подмножества Mn_a (бейта) должен быть максимально близок к P_i .

Для решения указанной задачи предлагается следующая процедура. Прежде всего, производится ранжирование контейнеров в последовательности убывания их веса, т. е. элементы множества Mn_{Np} упорядочиваются по признаку веса. Множество Mn_{Np} представляется последовательностью весов контейнеров

$P_{ci} \succ$, причем $P_{ci} \geq P_{ci+1}$, т. е. первым членом последовательности является контейнер с максимальным весом P_{c1} , а последним - контейнер с минимальным весом P_{cd} . Другими словами, последовательность $P_{ci} \succ = \{P_{c1} \geq P_{c2} \geq \dots \geq P_{cd-1} \geq P_{cd}\}$ в дальнейшем рассматриваем в качестве множества Mn_{Np} .

Формирование первого бейта с максимальным весом P_1 производится с помощью ранее полученной последовательности $P_{ci} \succ$. Из нее необходимо выделить фрагмент из n_a последовательных контейнеров $\{P_{ci}\}_1 \succ$ суммарный вес которых \tilde{P}_1 минимально отличается от расчетного значения P_1 . Допустим, фрагмент последовательности $\{P_{ci}\}_1 \succ$ начинается контейнером с порядковым номером N_{n1} последовательности $P_{ci} \succ$ и заканчивается контейнером с ее порядковым номером N_{k1} . Следовательно, первый бейт составляют контейнеры последовательности $P_{ci} \succ$ заключенными от N_{n1} -го до N_{k1} -го контейнеров включительно, которые составляют фрагмент $\{P_{ci}\}_1 \succ$. Для данного фрагмента $P_1 - \tilde{P}_1 = \min$, а через Sr_1 обозначим подмножество контейнеров первого бейта.

Для формирования очередного второго бейта следует воспользоваться оставшейся последовательностью $P_{ci}^1 \succ = P_{ci} \succ - \{P_{ci}\}_1 \succ$, причем

$$P_{ci}^1 \succ = \{P_{c1} \geq P_{c2} \geq \dots \geq P_{cN_{n1}-1} \geq P_{cN_{k1}+1} \dots \geq P_{cd-1} \geq P_{cd}\}.$$

В дальнейшем из полученной последовательности $P_{ci}^1 \succ$ аналогично предыдущему выделяется фрагмент $\{P_{ci}^1\}_2 \succ$ из n_a последовательных контейнеров, суммарный вес \tilde{P}_2 которых минимально отличается от расчетного значения P_2 . Выделенные контейнеры составляют подмножество Sr_2 второго бейта.

Для формирования последующих бейтов (подмножеств Sr_i) продолжаем реализацию процедуры, состоящей из двух этапов. Во-первых, модифицируем предыдущую последовательность $P_{ci}^{k-1} \succ$, исключая из нее выделенный фрагмент $\{Pk_{ci}^{k-1}\}_k \succ$, и получим очередную модифицированную последовательность $P_{ci}^k \succ$, которая на n_a контейнеров короче предыдущей. Вторым этапом является выделение из последовательности $P_{ci}^k \succ$ фрагмента $\{Pk_{ci}^k\}_{k+1} \succ$, содержащего n_a последовательных контейнеров, суммарный вес \tilde{P}_{k+1} которых минимально отличается

от расчетного значения P_{k+1} . По такому алгоритму формируется $a-1$ бейт. Последняя модифицированная последовательность $P_{ci}^{a-1} \succ$ содержит n_a оставшихся контейнеров, которые и составляют последний a -й бейт, формируя подмножество Sr_a , причем его вес \tilde{P}_a минимально отличается от P_a .

Таким образом производится декомпозиция исходного множества контейнеров Mn_{Np} по бейтам Sr_i в виде последовательностей $\{Pk_{ci}^{k-1}\}_k \succ$, при этом обеспечивается необходимый дифферент судна.

Затем в каждом из бейтов необходимо распределить количество $n_a = bc$ контейнеров по c ярусам, в каждом из которых находится b контейнеров. Распределение контейнеров по ярусам в бейтах должно обеспечить необходимое приращение момента ΔM_h , который является суммой приращений ΔM_{hi} каж-

$$\text{дого бейта, т. е. } \Delta M_h = \sum_{i=1}^{ai} \Delta M_{hi}.$$

Распределение контейнеров бейта по ярусам производим, добиваясь формирования приращения ΔM_{hi} . Для этого следует определить требуемый (теоретический) вес контейнеров k -го яруса \bar{P}_{yk}^i , учитывая, что с изменением яруса он также изменяется пропорционально приращению веса ΔP_{hi} относительно среднего веса яруса в бейте $P_{mi} = \frac{\tilde{P}_i}{c}$.

С помощью первой процедуры вес яруса убывает с увеличением его номера (снизу вверх), т. е. нижний ярус имеет наибольший вес, а верхний является наиболее легким. В этом случае, полагая, что вес среднего яруса равен P_{mi} , получим:

$$\bar{P}_{yk}^i = P_{mi} + (S_k - k)\Delta P_{hi},$$

где $S_k = \text{Trunc}(c/2) + 1$, при c - нечетном и $S_k = c/2$, при c - четном.

Значение ΔP_{hi} определяется формулой:

$$\Delta P_{hi} = \frac{\Delta M_{hi} - P_{mi} \Delta z \sum_{k=1}^c (k-0,5)}{\Delta z \sum_{k=1}^c (S_k - k)(k-0,5)}$$

Располагая теоретическими весами каждого яруса \bar{P}_{yk}^i i -го бейта, необходимо подобрать на каждый ярус b контейнеров, суммарный вес которых \hat{P}_{yk}^i минимально отличается от \bar{P}_{yk}^i .

Затем контейнеры подмножеств Sr_{ik} размещаются по ячейкам поперечного ряда i -го бейта k -го яруса (строка тензора) так, чтобы веса контейнеров яруса

P_{cik} создавали минимальный момент M_{yik} :

$$M_{yik} = \sum_{j=1}^b P_{cik} \left(\frac{2j-1}{2} - \frac{b}{2} \right) \Delta y.$$

Причем минимизация суммарного момента M_y при размещении контейнеров подмножества Sp_{ik} производится путем учета его значения, накопившегося при размещении контейнеров во всех предыдущих ярусах, включая уже сформированные бейты.

В случае создания минимального момента инерции принимаемого груза J_{xc} относительно продольной оси X-X размещение контейнеров подмножества Sp_{ik} следует производить так, чтобы контейнеры с большими массами находились ближе к центру трюма, а с уменьшением масс размещение контейнеров производилось ближе к бортам. Для создания максимального момента инерции J_{xc} ближе к центру трюма следует размещать контейнеры с меньшими массами, а ближе к бортам – контейнеры с большими массами.

Для проверки корректности предложенных в данной статье процедур формирования загрузки грузового помещения без приема балласта была разработана компьютерная программа, позволяющая формировать

исходное множество контейнеров Mn_{Nr} и их размещение в грузовом помещении. В качестве примера была сгенерировано множество контейнеров численностью 300 штук, общим весом 3000 тонн, причем вес контейнера заключен в пределах от 3,4 до 16,5 т.

В примере приняты следующие размеры контейнера: длина $\Delta x = 7$ м, ширина $\Delta y = 4$ м, $\Delta z = 3$ м. Грузовое помещение характеризуется $a=6$ бейтами, в каждом бейте число ярусов равно $c=5$, а число контейнеров в ярусе $b=10$.

Требуемые приращения статических моментов, принятые в примере, составляют $\Delta M_d = -5000$ тм, $\Delta M_h = 22000$ тм.

На рис. 2 приведены веса контейнеров исходного множества Mn_{Nr} , причем цвет контейнера зависит от его веса: при весе до 5 т контейнеры окрашены в коричневый цвет; при весе 5÷10 т цвет контейнеров зеленый; в синий цвет окрашены контейнеры весом 10÷15 т, а красным цветом окрашены контейнеры весом 15÷20 т. Обращаем внимание на то обстоятельство, что в границах одного цвета с увеличением веса цвет контейнера темнее.

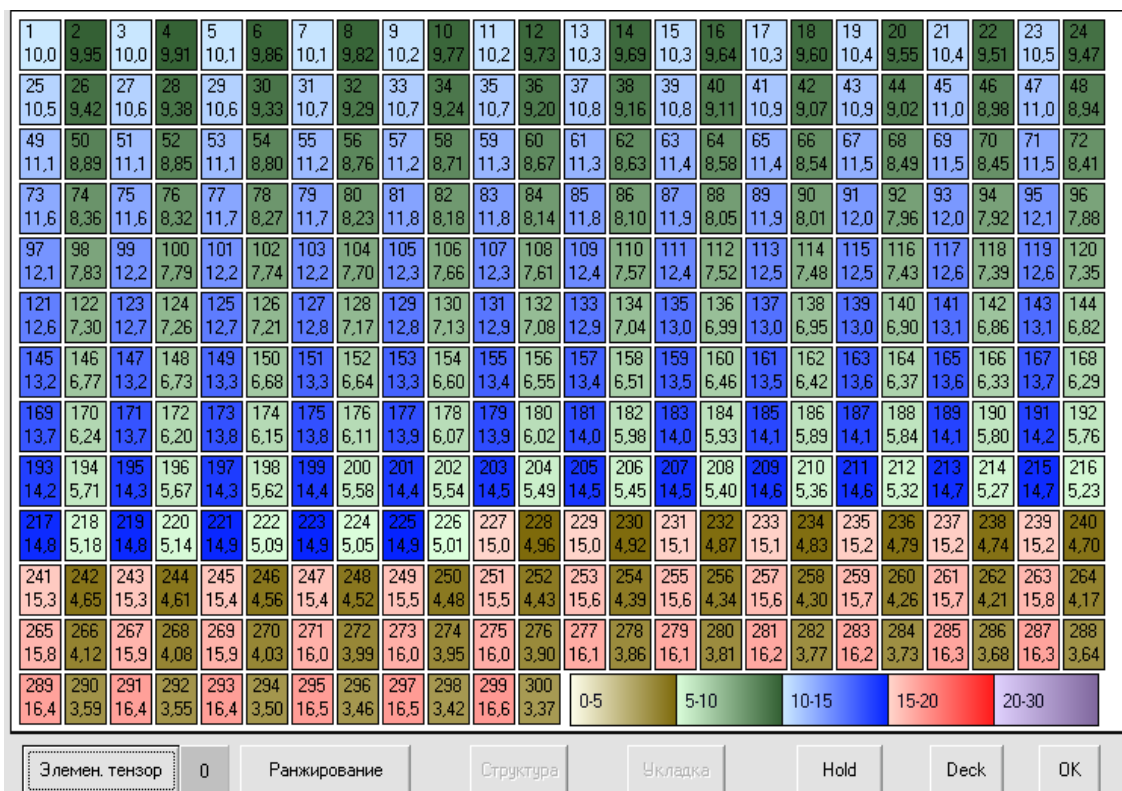


Рис. 2. Исходное множество контейнеров Mn_{Nr}

Программой проводится ранжирование множества контейнеров Mn_{Nr} по весам и его результаты представлены на рис. 3. Для каждого из 300 контейнеров в верхней части указан его номер в исходном множестве, а в нижней части - вес контейнера. Как показано на рис. 3, контейнеры ранжированы по снижению

веса от 16,6 т до 3,37 т.

Компьютерной программой предусмотрена процедура проверки возможности создания требуемого дифферента только приемом предусмотренного груза без приема балласта. При положительном исходе проверки партия загружаемых контейнеров распределяется по бейтам грузового помещения таким образом,

чтобы обеспечить требование по посадке судна и допустимости перерезывающих сил и изгибающих моментов.

При использовании клавиши "Структура" программа производит распределение контейнеров по бейтам грузового помещения, причем каждый бейт формируется 50-ю контейнерами, как показано на рис. 4.

При использовании клавиши "Бейт" программой производится распределение контейнеров каждого из бейтов по ярусам.

На рис. 5 приведенное расположение ярусов Sr_{ik} в каждом из бейтов грузового помещения. На рисунке первый бейт показан в верхней левой части, а в правой верхней части - четвертый бейт. Нумерация бейтов возрастает сверху вниз. Обращаем внимание на то, что в каждом из бейтов нижний (первый) ярус, судя по весам контейнеров его составляющих, является наиболее тяжелым, а верхний (пятый) ярус - наиболее легким. Уменьшение веса яруса происходит по мере увеличения его номера.

299	297	295	293	291	289	287	285	283	281	279	277	275	273	271	269	267	265	263	261	259	257	255	253
16.6	16.5	16.5	16.4	16.4	16.4	16.3	16.3	16.2	16.2	16.1	16.1	16.0	16.0	16.0	15.9	15.9	15.8	15.8	15.7	15.7	15.6	15.6	15.6
251	249	247	245	243	241	239	237	235	233	231	229	227	225	223	221	219	217	215	213	211	209	207	205
15.5	15.5	15.4	15.4	15.3	15.3	15.2	15.2	15.2	15.1	15.1	15.0	15.0	14.9	14.9	14.9	14.8	14.8	14.7	14.7	14.6	14.6	14.5	14.5
203	201	199	197	195	193	191	189	187	185	183	181	179	177	175	173	171	169	167	165	163	161	159	157
14.5	14.4	14.4	14.3	14.3	14.2	14.2	14.1	14.1	14.1	14.0	14.0	13.9	13.9	13.8	13.8	13.7	13.7	13.7	13.6	13.6	13.5	13.5	13.4
155	153	151	149	147	145	143	141	139	137	135	133	131	129	127	125	123	121	119	117	115	113	111	109
13.4	13.3	13.3	13.3	13.2	13.2	13.1	13.1	13.0	13.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.7	12.6	12.6	12.5	12.5	12.4	12.4	12.4
107	105	103	101	99	97	95	93	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61
12.3	12.3	12.2	12.2	12.2	12.1	12.1	12.0	11.9	11.9	11.9	11.8	11.8	11.8	11.7	11.7	11.6	11.6	11.5	11.5	11.4	11.4	11.4	11.3
59	57	55	53	51	49	47	45	43	41	39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13
11.3	11.2	11.2	11.1	11.1	11.1	11.0	11.0	10.9	10.9	10.8	10.8	10.7	10.7	10.7	10.6	10.6	10.5	10.5	10.4	10.4	10.3	10.3	10.3
11	9	7	5	3	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
10.2	10.2	10.1	10.1	10.0	10.0	9.95	9.91	9.86	9.82	9.77	9.73	9.69	9.64	9.60	9.55	9.51	9.47	9.42	9.38	9.33	9.29	9.24	9.20
38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84
9.16	9.11	9.07	9.02	8.98	8.94	8.89	8.85	8.80	8.76	8.71	8.67	8.63	8.58	8.54	8.49	8.45	8.41	8.36	8.32	8.27	8.23	8.18	8.14
86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132
8.10	8.05	8.01	7.96	7.92	7.88	7.83	7.79	7.74	7.70	7.66	7.61	7.57	7.52	7.48	7.43	7.39	7.35	7.30	7.26	7.21	7.17	7.13	7.08
134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	162	164	166	168	170	172	174	176	178	180
7.04	6.99	6.95	6.90	6.86	6.82	6.77	6.73	6.68	6.64	6.60	6.55	6.51	6.46	6.42	6.37	6.33	6.29	6.24	6.20	6.15	6.11	6.07	6.02
182	184	186	188	190	192	194	196	198	200	202	204	206	208	210	212	214	216	218	220	222	224	226	228
5.98	5.93	5.89	5.84	5.80	5.76	5.71	5.67	5.62	5.58	5.54	5.49	5.45	5.40	5.36	5.32	5.27	5.23	5.18	5.14	5.09	5.05	5.01	4.96
230	232	234	236	238	240	242	244	246	248	250	252	254	256	258	260	262	264	266	268	270	272	274	276
4.92	4.87	4.83	4.79	4.74	4.70	4.65	4.61	4.56	4.52	4.48	4.43	4.39	4.34	4.30	4.26	4.21	4.17	4.12	4.08	4.03	3.99	3.95	3.90
278	280	282	284	286	288	290	292	294	296	298	300	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30							
3.86	3.81	3.77	3.73	3.68	3.64	3.59	3.55	3.50	3.46	3.42	3.37												

Рис. 3. Ранжирование множества контейнеров M_{np} по весам

137-1	135-1	133-1	131-1	129-1	127-1	125-1	123-1	121-1	119-1	237-4	235-4	233-4	231-4	229-4	227-4	225-4	223-4	221-4	219-4	0
13.0	13.0	12.9	12.9	12.8	12.8	12.7	12.7	12.6	12.6	15.2	15.2	15.1	15.1	15.0	15.0	14.9	14.9	14.9	14.8	
117-1	115-1	113-1	111-1	109-1	107-1	105-1	103-1	101-1	99-1	217-4	215-4	213-4	211-4	92-4	94-4	96-4	98-4	100-4	102-4	5
12.6	12.5	12.5	12.4	12.4	12.3	12.3	12.2	12.2	12.2	14.8	14.7	14.7	14.6	7.96	7.92	7.88	7.83	7.79	7.74	
97-1	95-1	93-1	91-1	89-1	87-1	85-1	83-1	81-1	79-1	104-4	106-4	108-4	110-4	112-4	114-4	116-4	118-4	120-4	122-4	5
12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.8	11.8	11.8	11.7	7.70	7.66	7.61	7.57	7.52	7.48	7.43	7.39	7.35	7.30	
77-1	75-1	73-1	71-1	69-1	67-1	65-1	63-1	61-1	59-1	124-4	126-4	128-4	130-4	132-4	134-4	136-4	138-4	140-4	142-4	5
11.7	11.6	11.6	11.5	11.5	11.5	11.4	11.4	11.3	11.3	7.26	7.21	7.17	7.13	7.08	7.04	6.99	6.95	6.90	6.86	
57-1	55-1	53-1	51-1	49-1	47-1	45-1	43-1	41-1	39-1	144-4	146-4	148-4	150-4	152-4	154-4	156-4	158-4	160-4	162-4	10
11.2	11.2	11.1	11.1	11.0	11.0	10.9	10.9	10.9	10.9	6.82	6.77	6.73	6.68	6.64	6.60	6.55	6.51	6.46	6.42	
173-2	171-2	169-2	167-2	165-2	163-2	161-2	159-2	157-2	155-2	267-5	265-5	263-5	261-5	259-5	257-5	255-5	253-5	251-5	249-5	10
13.8	13.7	13.7	13.7	13.6	13.6	13.5	13.5	13.4	13.4	15.9	15.8	15.8	15.7	15.7	15.6	15.6	15.5	15.5	15.5	
153-2	151-2	149-2	147-2	145-2	143-2	141-2	139-2	37-2	35-2	247-5	245-5	243-5	241-5	239-5	164-5	166-5	168-5	170-5	172-5	10
13.3	13.3	13.3	13.2	13.2	13.1	13.1	13.0	10.8	10.7	15.4	15.4	15.3	15.3	15.2	6.37	6.33	6.29	6.24	6.20	
33-2	31-2	29-2	27-2	25-2	23-2	21-2	19-2	17-2	15-2	174-5	176-5	178-5	180-5	182-5	184-5	186-5	188-5	190-5	192-5	15
10.7	10.7	10.6	10.6	10.5	10.5	10.4	10.4	10.3	10.3	6.15	6.11	6.07	6.02	5.98	5.93	5.89	5.84	5.80	5.76	
13-2	11-2	9-2	7-2	5-2	3-2	1-2	2-2	4-2	6-2	194-5	196-5	198-5	200-5	202-5	204-5	206-5	208-5	210-5	212-5	15
10.3	10.2	10.2	10.1	10.1	10.0	10.0	9.95	9.91	9.86	5.71	5.67	5.62	5.58	5.54	5.49	5.45	5.40	5.36	5.32	
8-2	10-2	12-2	14-2	16-2	18-2	20-2	22-2	24-2	26-2	214-5	216-5	218-5	220-5	222-5	224-5	226-5	228-5	230-5	232-5	15
9.82	9.77	9.73	9.69	9.64	9.60	9.55	9.51	9.47	9.42	5.27	5.23	5.18	5.14	5.09	5.05	5.01	4.96	4.92	4.87	
209-3	207-3	205-3	203-3	201-3	199-3	197-3	195-3	193-3	191-3	299-6	297-6	295-6	293-6	291-6	289-6	287-6	285-6	283-6	281-6	20
14.6	14.5	14.5	14.5	14.4	14.4	14.3	14.3	14.2	14.2	16.6	16.5	16.5	16.4	16.4	16.4	16.3	16.3	16.2	16.2	
189-3	187-3	185-3	183-3	181-3	179-3	177-3	175-3	173-3	171-3	279-6	277-6	275-6	273-6	271-6	269-6	267-6	265-6	263-6	261-6	20
14.1	14.1	14.1	14.0	14.0	13.9	13.9	13.8	13.8	13.7	16.1	16.1	16.0	16.0	16.0	15.9	15.9	15.8	15.7	15.6	
32-3	34-3	36-3	38-3	40-3	42-3	44-3	46-3	48-3	50-3	242-6	244-6	246-6	248-6	250-6	252-6	254-6	256-6	258-6	260-6	20
9.29	9.24	9.20	9.16	9.11	9.07	9.03	8.98	8.94	8.89	4.65	4.61	4.56	4.52	4.48	4.43	4.39	4.34	4.30	4.26	
52-3	54-3	56-3	58-3	60-3	62-3	64-3	66-3	68-3	70-3	262-6	264-6	266-6	268-6	270-6	272-6	274-6	276-6	278-6	280-6	20
8.85	8.80	8.76	8.71	8.67	8.63	8.58	8.54	8.49	8.45	4.21	4.17	4.12	4.08	4.03	3.99	3.95	3.90	3.86	3.81	
72-3	74-3	76-3	78-3	80-3	82-3	84-3	86-3	88-3	90-3	282-6	284-6	286-6	288-6	290-6	292-6	294-6	296-6	298-6	300-6	30
8.41	8.36	8.32	8.27	8.23	8.18	8.14	8.10	8.05	8.01	3.77	3.73	3.68	3.64	3.59	3.55	3.50	3.46	3.42	3.37	

Рис. 4. Формирование бейтов Sr_i

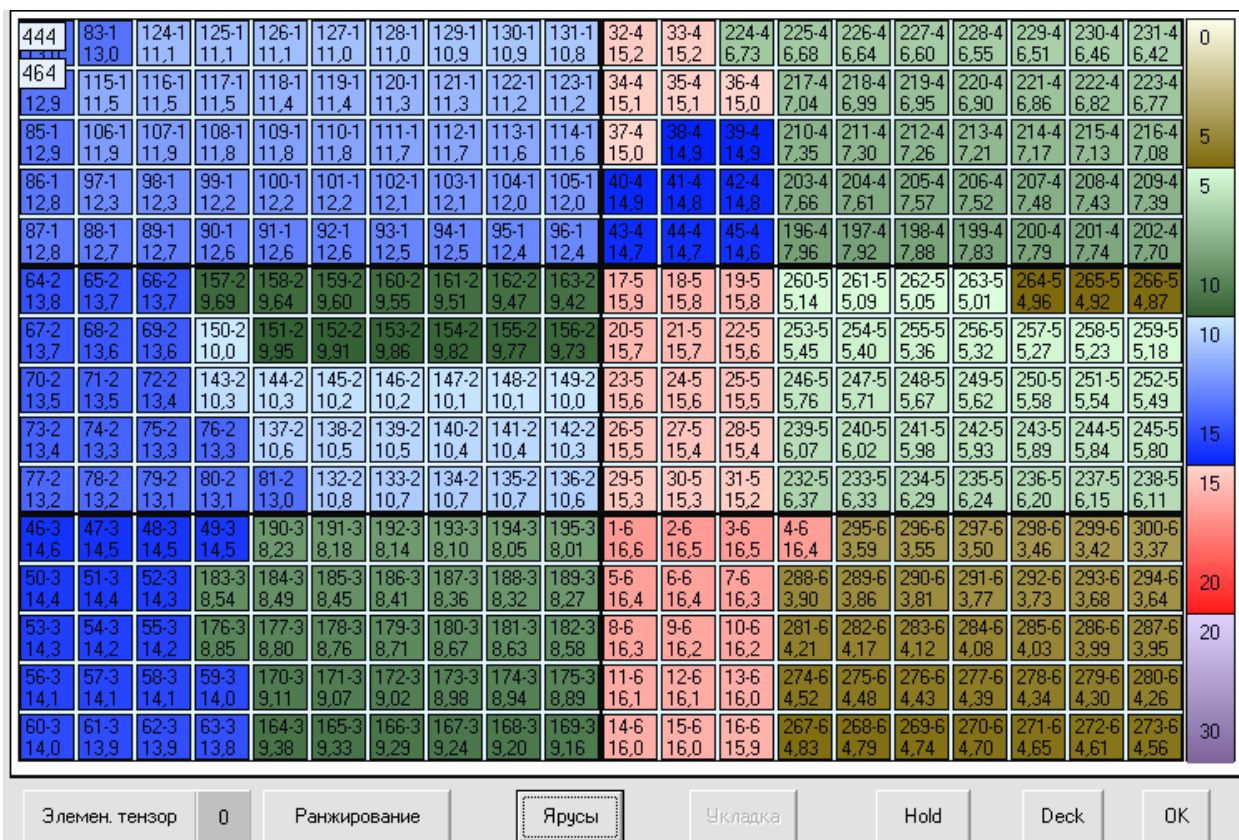


Рис. 5. Формирование ярусов Sp_{ik}

Распределение контейнеров в ярусе с целью создания минимального близкого к нулю момента M_y производится при использовании клавиши "Ярусы", при этом задействована процедура формирования минимального момента инерции принимаемого груза относительно продольной оси судна, что следует из рис. 6. Из рисунка видно, что более тяжелые контейнеры яруса расположены ближе к центру трюма. По-

лученное распределение контейнеров по ячейкам грузового помещения представляет собой допустимый тензор загрузки, обеспечивающий заданные значения приращений статических моментов ΔM_d и ΔM_h , при которых выполняются требования по посадке, устойчивости судна и его общей предельной прочности.

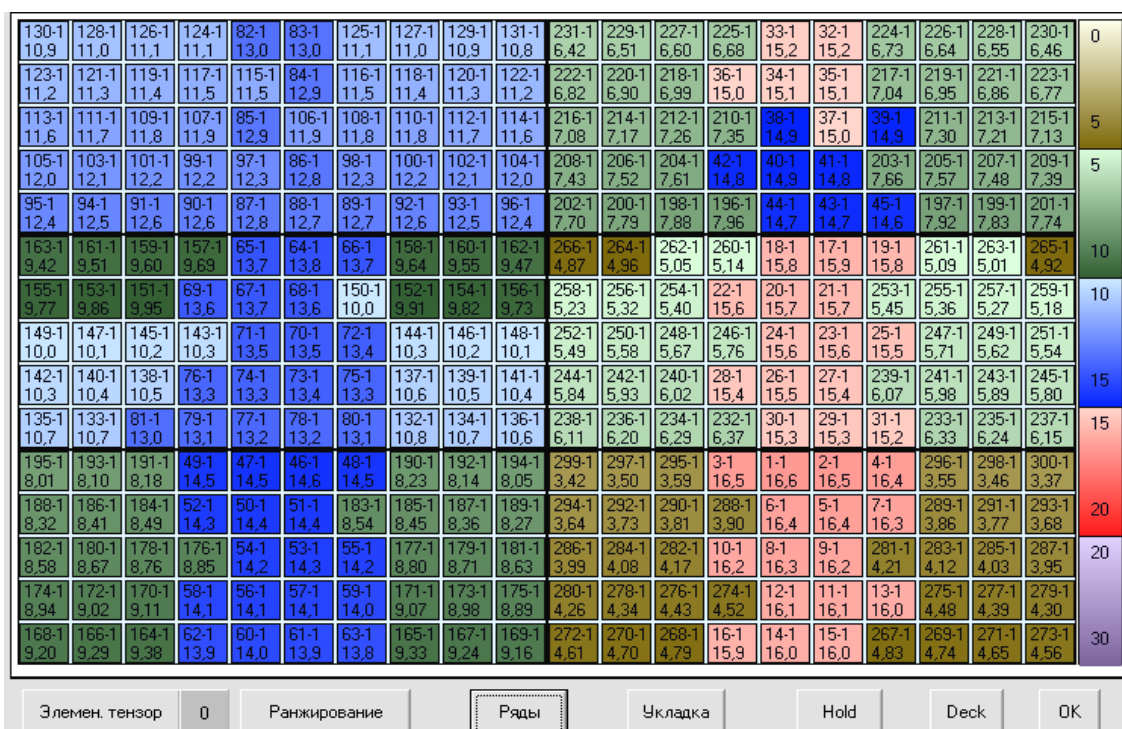


Рис. 6. Размещение контейнеров в ярусах Sp_{ik}

Выводы

1. Предложены процедуры размещения контейнеров по бейтам и ярусам грузового помещения с учетом требований по мореходной безопасности судна.
2. Приведены аналитические выражения для формирования допустимого тензора загрузки судна.

мирования допустимого тензора загрузки судна.

3. Показано формирование допустимого тензора загрузки судна с помощью разработанной компьютерной программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сизов В.Г. Теория корабля. – Одесса: Феникс, 2003. – 282 с.
2. Xia Jinzhu. A dynamic model for roll motion of ships due to flooding / Xia Jinzhu, Jensen Jorgen, Pedersen Preben Ternstrup // Schiffstechnik. – 1999. – 46, № 4. – P. 208-216.
3. Simonovich Milivoje. The correlation of ship hull form and her static stability diagram./ Simonovich Milivoje, Sizov Victor G, Vorobjov Yuri L. // 21 Jugosloven. kongr. teor. i primenjene meh., Nis. 29 maj – 3 jun. - 1995. - P. 167-173.
4. RO-RO ship/ferry with buoyancy tanks to prevent capsizing/ Заявка 2264665 Великобритания МКИ6 В 63 В 43/12 / Shatawy Ahmed Ahmed El. - № 9422061.3; Заявл. 2.11.94; Оpubл. 8.5.96; НКИ В7А.
5. Wan Zheng. Estimation of ultimate strength of ship`s hull girders./ Wan Zheng, He Fu. // Ship Mech. - 2003. - 7, № 3. - P. 58-67.
6. Miller Lutz. Advanced calculation techniques for ship

- structural design./ Miller Lutz.// Germ. Maritime Ind. J. - 1992. - 8, Спец. Issue. - P. 37 - 40.
7. Kulesh Victor A. Computer investigation of construction reliability / Kulesh Victor A. // Proc. 6th Int. Offshore and Polar Eng. Conf., Los Angeles, Calif., May 26-31, 1996. Vol. 4. – Golden (Golo), 1996. – p. 395-401.
8. Чепок А.О. Разработка процедуры отображения укладки генерального груза в трюмах судна / Чепок А.О. // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 20. – Одесса: «ИздатИнформ», 2011. – С. 243–246.
9. Васьков Ю.Ю. Некоторые вопросы оптимизации грузовых операций навалочных судов / Васьков Ю.Ю. // Судовождение. – № 6. – 2003. – С. 40 – 45.
10. Власенко Е.А. Некоторые особенности составления грузового плана контейнеровозов/ Власенко Е.А., Цымбал Н.Н.// Судовождение: Сб. научн. трудов./ НУ «ОМА», Вып. 28. – Одесса: «ИздатИнформ», 2018 - С.

REFERENCES

1. Sizov V.G. Theory of ship. - Odessa: Phenix, 2003. – 282 p.
2. Xia Jinzhu. A dynamic model for roll motion of ships due to flooding / Xia Jinzhu, Jensen Jorgen, Pedersen Preben Ternstrup // Schiffstechnik. – 1999. – 46, № 4. – P. 208-216.
3. Simonovich Milivoje. The correlation of ship hull form and her static stability diagram./ Simonovich Milivoje, Sizov Victor G, Vorobjov Yuri L. // 21 Jugosloven. kongr. teor. i primenjene meh., Nis. 29 maj – 3 jun. - 1995. - P. 167-173.
4. RO-RO ship/ferry with buoyancy tanks to prevent capsizing/ Заявка 2264665 Великобритания МКИ6 В 63 В 43/12 / Shatawy Ahmed Ahmed El. - № 9422061.3; Заявл. 2.11.94; Оpubл. 8.5.96; НКИ В7А.
5. Wan Zheng. Estimation of ultimate strength of ship`s hull girders./ Wan Zheng, He Fu. // Ship Mech. - 2003. - 7, № 3. - P. 58-67.
6. Miller Lutz. Advanced calculation techniques for ship

- Ind. J. - 1992. - 8, Спец. Issue. - P. 37 - 40.
7. Kulesh Victor A. Computer investigation of construction reliability / Kulesh Victor A. // Proc. 6th Int. Offshore and Polar Eng. Conf., Los Angeles, Calif., May 26-31, 1996. Vol. 4. – Golden (Golo), 1996. – p. 395-401.
8. Чепок А.О. Development of procedures of reflection of piling of general load in the holds of ship / Чепок А.О. // Sb. nauchn. trudov./ONMA, Vyp. 26. – Odessa: «IzdatInform», 2011. – P. 243–246.
9. Vaskov Yu.Yu. Some questions of optimization of cargo operations of loading vessels / Vaskov Yu.Yu. // Sudovozhdenie. – № 6. – 2003. – P. 40 – 45.
10. Vlasenko Ye.A. Some features of drafting of the freight plan контейнеровозов/. Vlasenko Ye.A., Tsymbal H.H.// Navigator: Sb. nauchn. labours./ NU «ОМА», Vyp. 28. - Odessa: «YzdatYnform», 2018 - P. 35-41.

Possible loading of containership

Y. A. Vlasenko

Abstract. The features of calculation of load of containership taking into account substantial factors are marked. The situation of placing of party of load is considered, intended for unloading in the last port of entry. Developed and procedures of placing of containers are offered on beyts and tiers of freight apartment taking into account the requirements on landing, stability and general longitudinal durability of ship. Analytical dependences for forming of possible tensor of loading of ship by containers are resulted. By the developed computer program the example of forming of possible tensor of loading of ship providing the minimum of reception of ballast is resulted.

Keywords: nautical safety, load of containership, forming of possible tensor of loading.

Плотность распределения векториальной позиционной погрешности при избыточных измерениях и ее применение

И. И. Ворохобин

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

Paper received 16.12.18; Accepted for publication 21.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-24>

Аннотация. Рассмотрена плотность векториальной погрешности при избыточных измерениях и показана возможность ее применения для решения задач оценки точности навигации судна. Показано, что с помощью плотности векториальной погрешности имеется возможность расчета эффективных обсервованных координат судна независимо от закона распределения погрешности навигационных измерений. Приведена система расчета координат судна с применением плотности векториальной погрешности, аналогичная методу максимального правдоподобия.

Ключевые слова: навигационная безопасность, векториальная погрешность, плотность векториальной погрешности, расчет обсервованных координат.

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

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

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

Цель. Цель настоящей статьи заключается в разработке процедуры расчета эффективных координат судна применением двумерной плотности распределения векториальной позиционной погрешности.

Материалы и методы. Вопросы теории и практики определения места судна методом линий положения подробно изложены в работе [7]. Здесь же рассмотрим особенности определения места судна при числе линий положения больше двух.

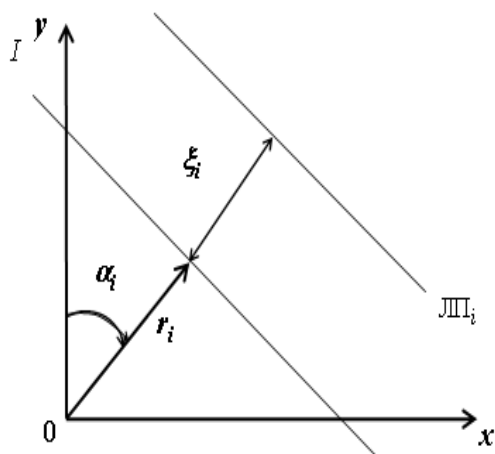


Рис. 1. Элементы линии положения

В общем случае линия положения (ЛП) задается в прямоугольной системе координат xOy , начало которой совпадает со счислимой точкой судна или с другой точкой с известными географическими координатами. Линия положения задается относительно начала системы координат xOy переносом r_i , т.е. длиной нормали от начала системы координат до i -й ЛП, и направлением градиента навигационного параметра α_i , т.е. – углом между переносом r_i и осью y выбранной системы координат (рис. 1). Истинное место судна находится на линии $I-I$, когда погрешность линии положения ξ_i отсутствует. Погрешность измерения навигационного параметра η_i ведет к появлению

погрешности линии положения ξ_i , которая вызывает дополнительное смещение линии положения ЛП_i в направлении градиента навигационного параметра, как показано на рис. 1.

Уравнение линии положения выражает связь элементов линии положения α_i и r_i с координатами x и y ЛП_i, учитывая погрешность линии положения ξ_i . Как следует из рис. 2, уравнение ЛП_i имеет следующий вид:

$$r_i + \xi_i = x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i. \quad (1)$$

Очевидно, выбор обсервованной точки при определении места судна по двум линиям положения однозначный.

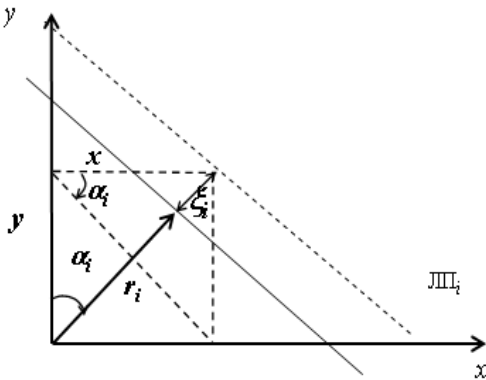


Рис. 2. Связь элементов линий положения с ее координатами

Результаты и их обсуждение. Покажем, что эффективные обсервованные координаты места судна, для которых характерна минимальная ковариационная матрица, можно получить, используя двумерную плотность $f(x,y)$ вектора погрешности определения места судна. Основная посылка определения эффективных обсервованных координат с помощью плотности $f(x,y)$ заключается в допущении, что эффективная обсервованная точка совпадает с наиболее вероятной точкой плотности $f(x,y)$, правомочность которого доказана в работе [9]. Поэтому для определения эффективных обсервованных координат найдем наиболее вероятную точку двумерной плотности $f(x,y)$, т.е. точку в которой $f(x,y)$ достигает максимума. Полагаем, что $f(x,y)$ имеет первые частные производные. Наиболее вероятную точку ищем из системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} f(x,y) = 0 \\ \frac{\partial}{\partial y} f(x,y) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Так как плотность $f(x,y)$ для независимой системы ЛП выражается произведением плотностей независимых случайных величин, то система (2) имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} \{A_n \prod_{i=1}^n f_i(x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i)\} = 0 \\ \frac{\partial}{\partial y} \{A_n \prod_{i=1}^n f_i(x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i)\} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Если учесть, что функция $f(x,y)$ достигает максимума в той же точке, что и ее логарифм, то сокращая в системе (3) множитель A_n и заменяя произведение плотностей $f_i(x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i)$ суммой их логарифмов

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x} \ln [f_i(x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i)] = 0, \\ \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial y} \ln [f_i(x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i)] = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Решением данной системы уравнений $x = \Delta x_c$ и $y = \Delta y_c$ являются эффективные значения искомым приращений координат к числимым координатам.

Для удобства поиска значений Δx_c и Δy_c учитываем, что:

$$\xi_i = x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i$$

Поэтому по правилам дифференцирования сложной функции можно записать следующее выражение, входящее в уравнения (4):

$$\frac{\partial}{\partial x} \ln [f_i(x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i)] = \frac{\partial}{\partial \xi_i} \ln [f_i(\xi_i)] \frac{\partial \xi_i}{\partial x}.$$

Так как $\frac{\partial \xi_i}{\partial x} = \sin \alpha_i$, то справедливо следующее

равенство:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x} \ln [f_i(x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i)] = \sum_{i=1}^n \sin \alpha_i \frac{\partial}{\partial \xi_i} \ln [f_i(\xi_i)]. \quad (5)$$

Аналогично:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial y} \ln [f_i(x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i)] = \sum_{i=1}^n \cos \alpha_i \frac{\partial}{\partial \xi_i} \ln [f_i(\xi_i)], \quad (6)$$

так как $\frac{\partial \xi_i}{\partial y} = \cos \alpha_i$.

Система уравнений правдоподобия (4) с учетом (5) и (6) принимает вид:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \sin \alpha_i \frac{\partial}{\partial \xi_i} \ln [f_i(\xi_i)] = 0, \\ \sum_{i=1}^n \cos \alpha_i \frac{\partial}{\partial \xi_i} \ln [f_i(\xi_i)] = 0, \end{cases} \quad (7)$$

$$\xi_i = x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i.$$

Учитываем, что в общем случае справедливо соотношение:

$$\frac{\partial}{\partial \xi_i} \ln [f_i(\xi_i)] = \frac{\frac{\partial}{\partial \xi_i} f_i(\xi_i)}{f_i(\xi_i)},$$

поэтому, с учетом приведенного равенства, система уравнений (7) принимает следующий вид:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \sin \alpha_i \frac{\frac{\partial}{\partial \xi_i} f_i(\xi_i)}{f_i(\xi_i)} = 0, \\ \sum_{i=1}^n \cos \alpha_i \frac{\frac{\partial}{\partial \xi_i} f_i(\xi_i)}{f_i(\xi_i)} = 0, \\ \xi_i = x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i. \end{cases} \quad (8)$$

С помощью системы уравнений (8) можно получить выражения для расчета эффективных координат судна при избыточных линиях положения, исходя из плотности закона распределения погрешностей линий положения, их числа и геометрии расположения.

Рассмотрим применение предлагаемого метода для расчета обсервованных координат судна при распределении погрешностей линий положения по обобщенному закону Пуассона с плотностью:

$$f(\xi) = \frac{B}{\sigma} \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2})]$$

где $B = \frac{\exp(-c)}{\sqrt{2\pi}}$, $a_k = \frac{c^k}{k!} k^{-\frac{1}{2}}$.

Для обобщенного закона Пуассона выражение для $\frac{\partial}{\partial \xi} f(\xi) / f(\xi)$ имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f(\xi)}{\partial \xi} &= \frac{\partial}{\partial \xi} \left\{ \frac{B}{\sigma} \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2})] \right\} = -\frac{B}{\sigma} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ a_k \left[\frac{\xi}{k\sigma^2} \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2}) \right] \right\} = \\ &= -\frac{B}{\sigma} \frac{\xi}{\sigma^2} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ a_k \left[\frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2}) \right] \right\} = -\frac{\xi}{\sigma^2} \frac{B}{\sigma} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ a_k \left[\frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2}) \right] \right\}. \end{aligned}$$

Следовательно:

$$\frac{\frac{\partial}{\partial \xi} f(\xi)}{f(\xi)} = \frac{-\frac{\xi B}{\sigma^3} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ a_k \left[\frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2}) \right] \right\}}{\frac{B}{\sigma} \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2})]} = -\frac{\xi}{\sigma^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2})]}.$$

Система уравнений (8) для рассматриваемого случая принимает следующий вид:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \sin \alpha_i \frac{\xi_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} = 0, \\ \sum_{i=1}^n \cos \alpha_i \frac{\xi_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} = 0, \end{cases} \quad (9)$$

$$\xi_i = x \sin \alpha_i + y \cos \alpha_i - r_i.$$

Рассмотрим решение полученной нелинейной системы уравнений методом простой итерации. Первое уравнение можно записать в следующем виде:

$$X \sum_{i=1}^n \frac{\sin^2 \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} + \sum_{i=1}^n \frac{\sin \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} (Y \cos \alpha_i - r_i) = 0,$$

откуда

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sin \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} (r_i - Y \cos \alpha_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{\sin^2 \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}}$$

Получили уравнение, в левой части которого находится искомая переменная X. Аналогично, со второго уравнения системы (9) находим выражение для второй неизвестной переменной Y:

$$Y \sum_{i=1}^n \frac{\cos^2 \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} + \sum_{i=1}^n \frac{\cos \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} (X \sin \alpha_i - r_i) = 0,$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\cos \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} (r_i - X \sin \alpha_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{\cos^2 \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}}$$

Полученные уравнения составляют систему нелинейных уравнений, которая решается методом простых итераций, причем в качестве начального приближения принимаются $X = X_0$ и $Y = Y_0$:

$$\left\{ \begin{aligned} X &= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sin \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} (r_i - Y \cos \alpha_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{\sin^2 \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}}; \\ Y &= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\cos \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]} (r_i - X \sin \alpha_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{\cos^2 \alpha_i}{\sigma_i^2} \frac{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \frac{1}{k} \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}{\sum_{k=1}^{\infty} [a_k \exp(-\frac{\xi_i^2}{2k\sigma_i^2})]}}; \\ \xi_i &= X \sin \alpha_i + Y \cos \alpha_i - r_i. \end{aligned} \right. \quad (10)$$

Начальные значения переменных X и Y подставляются в третье уравнение, затем те же переменные и значения ξ_i подставляются в правые части первого и второго уравнений системы (10), в результате чего рассчитывают очередные приближения искомым переменных, которые являются исходными для очередной итерации. Расчет обсервованных координат по избыточным линиям положения, погрешности которых подчиняются обобщенному закону Пуассона, с помощью (10) обеспечивает минимальную ковариационную матрицу векториальной погрешности.

Выводы.

1. Получено аналитическое выражение плотности векториальной позиционной погрешности при избыточных измерениях и показана возможность ее применения для решения задач оценки точности навигации судна.
2. Показано, что с помощью плотности векториальной погрешности имеется возможность расчета эффективных обсервованных координат судна независимо от закона распределения погрешности навигационных измерений.
3. Приведена система расчета координат судна с применением плотности векториальной погрешности, распределенной по обобщенному закону Пуассона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / Кондрашихин В.Т. - М.: Транспорт, 1989. - 230с.
2. Hsu D. A. An analysis of error distribution in navigation / Hsu D. A. // The Journal of Navigation. – Vol. 32.- № 3. – P. 426 - 429.
3. Monteiro Luis. What is the accuracy of DGPS? / Sardinia Monteiro Luis, Moore Terry, Hill Chris. // J. Navig. 2005. 58, № 2, p. 207-225.
4. Астайкин Д.В. Идентификация законов распределения навигационных погрешностей смешанными законами двух типов / Астайкин Д.В., Алексейчук Б.М. // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2014. – Вып. 20. Одесса: ОНМА. – С. 3 – 9.
5. Сикирин В.Е. Описание навигационных погрешностей с помощью обобщенного распределения Пуассона/ Сикирин В.Е.// Судовождение: Сб. научн. трудов./ОНМА, Вып. 26. – Одесса: «ИздатИнформ», 2016 - С. 152 – 156.
6. Бурмака И.А. Оценка эффективности обсервованных координат судна при избыточных измерениях / Бурмака И.А., Астайкин Д.В., Алексейчук Б.М. // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. Санкт-Петербург.– 2016. – выпуск 1 (35). – С. 24 - 29.
7. Крамер Г. Математические методы статистики/ Крамер Г.– М.: Мир. – 1975.- 648 с.
8. Корн Г. Справочник по математике / Корн Г., Корн Т. - М.: Наука, 1984.- 832 с.
9. Астайкин Д.В. Оценка точности координат судна при избыточных измерениях/ Астайкин Д.В., Сикирин В.Е., Вороховин И.И., Алексейчук Б.М. – Saarbrucken, Deutschland/ Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 274 с.

REFERENCES

1. Kondrashikhin V.T. Location of ship / Kondrashikhin V.T. - M.: Transport, 1989. – 230s.
2. Hsu D. A. An analysis of error distribution in navigation / Hsu D. A. // The Journal of Navigation. – Vol. 32.- № 3. – P. 426 - 429.
3. Monteiro Luis. What is the accuracy of DGPS? / Sardinia Monteiro Luis, Moore Terry, Hill Chris. // J. Navig. 2005. 58, № 2, p. 207-225.
4. Astayrin D.V. Authentication of laws of distributing of navigation errors by the mixed laws of two types /Astayrin D.V., Alekseychuk B.M.// Avtomatizatsiya sudovyh tehnicytskih sredstv: nauch.-tehn. sb. – 2014. – Vyp. 20. Odessa: ONMA. – P. 3 – 9.
5. Sikirin V.E. Description of navigation errors by the generalized distributing of Puasson / Sikirin V.E.// Sudovozhdenie: Sb. nauchn. trudov./ONMA, Vyp. 26. – Odessa: «IzdatIn-form», 2016 - P. 152 – 156.
6. Burmaka I.A. Estimation of efficiency of coordinates of ship at the surplus measuring / Burmaka I.A., Astaykin D.V., Alekseychuk B.M. // Vestnik Gosudarstvennogo univtrsiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. Sankt-Peterburg.– 2016. – vypusk 1 (35). – P. 24 - 29.
7. Cramer H. Mathematical methods of statistics/ Cramer H. – M.: Mir. – 1975.- 648 p.
8. Korn G. Reference book by mathematic / Korn G., / Korn T. - M.: Nauka, 1984.- 832 p.
9. Astayrin D.V. Estimation of exactness of coordinates of ship at the surplus measuring / Astayrin D.V., Sikirin V.E., Vorokhobin I.I., Alekseychuk B.M. – Saarbrucken, Deutschland/ Germaniya: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 274 p.

Closeness of distributing of vektor's position error at the surplus measuring and its use.

I.I. Vorokhobin.

The closeness of vektor's error is considered at the surplus measuring and possibility of its application for the decision of tasks of estimation of exactness of navigation of ship is shown.

It is shown that by the closeness of vektor's error is present possibility of calculation of effective coordinates of ship regardless of law of distributing of error of the navigation measuring. The system of calculation of coordinates of ship with the use of closeness of vektor's error is resulted, similar to the maximum likelihood method.

Keywords: navigation safety, vektor's error, closeness of vektor's error, calculation of coordinates.

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