

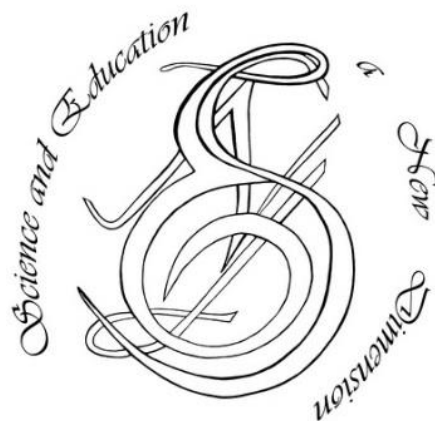
p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

Natural and Technical Sciences, IX(32), ISSUE 255, 2021 Jul.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

**NATURAL
AND
TECHNICAL SCIENCES**



www.seanewdim.com

p-ISSN 2308-5258

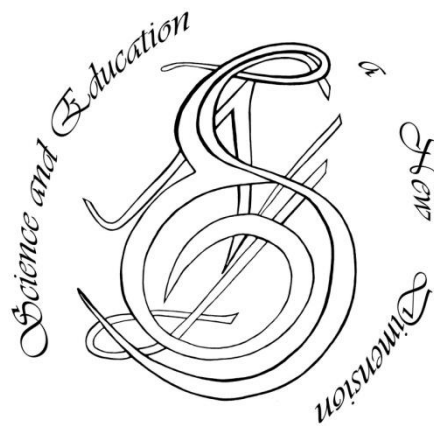
e-ISSN 2308-1996

IX(32), Issue 255, 2021 Jul.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32>

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

Millousheva-Boykina Dobrinka Vassileva, PhD, assoc. professor at the Faculty of Mathematics and Informatics, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”

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:

Diana Barkáts

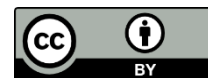
© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

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 published under Creative Commons Attribution License v4.0



THE JOURNAL IS LISTED AND INDEXED IN:

INDEX COPERNICUS: ICV 2014: 70.95; ICV 2015: 80.87; ICV 2016: 73.35; ICV 2018: 90.25;
ICV 2019: 89.50

GOOGLE SCHOLAR

CROSSREF (DOI prefix:10.31174)

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU

CONTENT

AGRICULTURE.....	7
Зміни вмісту пігментів та структурних протеїнів мембран хлоропластів у різних сортів озимої пшениці за дії посухи <i>О. Ю. Бондаренко, В. В. Шевченко.....</i>	7
PHYSICS.....	11
Astronomical and geographical model for programming microcontrollers of ground-based trackers <i>V. P. Ivanytsky, M. M. Ryaboschuk, M. V. Stoika, S. V. Tiutiunnykov.....</i>	11
PHARMACEUTICS.....	14
Разработка спектрофотометрической методики количественного определения нового биологически активного производного имидазола <i>С. К. Ордабаева, А. Д. Асильбекова, Д. Г. Глеукабыл, А. Д. Серикбаева, И. М. Шарипов.....</i>	14
SPORT.....	17
Відновлювальні засоби у підготовці футболістів збірної України з футзалу серед спортсменів з порушенням зору <i>С. В. Савченко, І. М. Скрипка, М. Б. Чхайло, І. М. Кравченко, В. В. Гладов.....</i>	17
TECHNICAL SCIENCES.....	20
Мінімізація залишкової швидкісної похибки гірокомпасу з автономним управлінням чутливого елемента <i>М. С. Алексейчук, П. О. Чапчай, В. В. Степаненко.....</i>	20
Бікомплексний аналіз перетворювальних пристроїв для автономних об'єктів відновлюваної енергетики <i>Н. В. Беленок.....</i>	24
Аналіз алгоритмів кластеризації для наукових статей на основі підсумовування за допомогою нейронних мереж <i>М. В. Бевза.....</i>	27
Імітаційне моделювання визначення оптимальної стратегії розходження суден в ситуації їх небезпечного зближення <i>І. О. Бурмака, О. В. Янчецький, Д. Б. Федоров, Є. А. Петріченко.....</i>	31
Оптимізація вибору заходів з підвищення енергетичної ефективності будівель та споруд на основі техноценологічного підходу <i>С. П. Денисюк, Д. Г. Дерев'яно, В. І. Василенко.....</i>	36
The method of anti-risk management of agro-industrial complex projects based on the critical path <i>К. J. Krol.....</i>	40
Использование Байесовского подхода к прогнозированию спроса на электрическую энергию с учетом влияния социальных процессов в Украине <i>Д. В. Яценко, В. А. Попов, А. И. Замулко, А. В. Адаников.....</i>	44

AGRICULTURE

Зміни вмісту пігментів та структурних протеїнів мембран хлоропластів у різних сортів озимої пшениці за дії посухи

О. Ю. Бондаренко, В. В. Шевченко

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, м. Київ, Україна
*Corresponding author Shevchenko V.V. E-mail: biochemkiev@ukr.net

Paper received 29.06.21; Accepted for publication 18.07.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-01>

Анотація. Досліджено вміст хлорофілів та структурних протеїнів мембран хлоропластів у сортів озимої пшениці різної стійкості у контролі та за дії 7-ми денної посухи. Встановлено, що більш стійкі сорти відрізнялись підвищеним вмістом низькомолекулярних захисних протеїнів у контролі. За дії посухи всі сорти втрачали хлорофіл та основні структурні протеїни. Ця втрата була більшою у менш стійких сортів. При цьому відносний вміст низькомолекулярних захисних протеїнів збільшувався. Таким чином показано, що вміст протеїнів 36, 21 та 16 кДа може бути одним із молекулярних маркерів посухостійкості.

Ключові слова: *Triticum aestivum L.*, озима пшениця, структурні протеїни фотосинтетичного апарату, пігменти, посуха.

Вступ. Озима пшениця – одна з основних стратегічних культур людства [1], на врожайність якої впливають різні стресові чинники [2]. Особливе місце серед абіотичних факторів, що впливають на ріст, розвиток та продуктивність рослин, посідає посуха [3]. Втрати врожаю пшениці, за різних умов посухи, можуть складати від 30 до 90 % [4]. За водного дефіциту, в першу чергу, відбувається закриття продихів, що призводить до порушення транспірації і, як наслідок, до перегріву листка [5]. Найбільш чутливими до дії підвищених температур є фотосистема II (ФС II), електронний транспорт та Рубіско-активаза [5, 6]. В наслідок порушення транспорту електронів, фотосинтетичним апаратом продукуються активні форми кисню, які можуть призводити до розвитку окислювального стресу та руйнування ряду фотосинтетичних структур [7]. Так, наприклад, однією з таких структур є білок D1, ресинтез якого блокується активними формами кисню [7]. Між тим, збереження електронного транспорту на високому рівні може значною мірою знизити продукування активних форм кисню і запобігти розвитку окислювального стресу. У рослин існує декілька механізмів, які здатні підтримувати електронний транспорт за умов посухи. Такими механізмами є фотодихання та циклічний транспорт електронів [5, 7]. Також, останнім часом, вважається, що пластохінол-оксидаза (РТОХ) може виступати, як певний “клапан”, який дозволяє відбирати надлишкові електрони з електрон-транспортного ланцюга, тим самим зберігаючи електронний транспорт через ФС II на високому рівні [8]. Оскільки відомо, що стійкість рослин до стресу значною мірою залежить від стійкості фотосинтетичного апарату, то можна припустити, що різна жаро-псухостійкість сортів озимої пшениці може визначатись саме збереженням високого функціонального стану фотосинтетичного апарату.

У зв'язку з цим, метою роботи було дослідження особливостей втрати пігмент-білкових комплексів хлоропластів різних за посухостійкістю сортів озимої пшениці за дії посухи, а також визначення продукування захисних низькомолекулярних протеїнів в цих

сортах.

Матеріали та методи. Для досліджень використані чотири сорти озимої пшениці різної жаро-псухостійкості. При сортовипробуванні вони отримали наступну оцінку: Перлина Лісостепу - 5-6 балів, Достаток – 7-8 балів, Подолянка - 8 балів та Одеська 267 - 8,5-9 балів.

Озиму пшеницю досліджуваних сортів висівали на дослідних ділянках Інституту фізіології рослин і генетики НАН України розміром 3x1 м у вересні місяці. Грунт - сірий дерново-підзолистий. Внесення NPK - стандартне за технологією вирощування. Після перезимівлі у відкритому ґрунті рослини було пересаджено у 10-ти кг вегетаційні посудини. Для контрольних рослин здійснювали полив для забезпечення 60-70% повної вологості ґрунту. Для дослідних рослин на фазі цвітіння створювались умови посухи протягом 7 днів при 30% повної вологості (ПВ).

Для виділення хлоропластів відбирали прапорцеві листки. Листки гомогенізували 2 хвилини на гомогенізаторі MPW - 302 (Польща) в середовищі, що містило 50 мМ трицину рН 7,6, 0,4 М сахарози, 10 мМ NaCl, 5 мМ MgCl₂. Після чого гомогенат пропускали через 2 шари бязі та центрифугували на центрифугу Eppendorf 5810 (Німеччина) 5 хвилин зі швидкістю 400g для осадження великих фрагментів клітин. Супернатант центрифугували вдруге протягом 10 хвилин зі швидкістю 1000g, отримуючи в осаді фракцію хлоропластів. Осад ресуспендували, пропускаючи його через капрон, в 10 мМ трициновому буфері рН 7,6 з додаванням 0,1 М сахарози, 10 мМ NaCl, 5 мМ MgCl₂.

Електрофорез хлорофіл-білкових комплексів проводили у поліакриламідному гелі [9]. Розподільний гель містив 12 % акріламід, 0,1% бісакріламід, 6 М сечовину, 0,375 М Tris-HCl (рН 8,9), 0,003 % персульфату амонію, 0,0003 % TEMED. Концентруючий гель містив 8 % акріламід, 0,1 % бісакріламід, 6 М сечовину, 0,175 М Tris-HCl (рН 6,8), 0,003 % персульфату амонію, 0,0003 % TEMED. Гель фарбували органічним барвником Brilliant Blue R в водному роз-

чині 10 % оцтової кислоти з додаванням 30% етанолу 12 годин при кімнатній температурі. Обезбарвлення гелю проводили в водному розчині, що містив 10% етанолу та 10% оцтової кислоти. Пластинки гелю сканували на сканері "Mustek ScanExpress 12000P", реєстрограми обробляли за допомогою комп'ютерної програми обробки гелей "ScnImage". Для ідентифікації смуг використовували суміш маркерних білків фірми "SIGMA", USA.

Вміст пігментів у листках визначали за Wellburn [10].

Біологічна та аналітична повторюваність дослідів – триразова.

Результати та обговорення. В таблиці 1 представлені результати вимірювання вмісту пігментів в листках різних сортів озимої пшениці за дії 7-ми денної посухи. З наведених результатів видно, що за дії посухи у всіх сортів вміст хлорофілу у листках знижувався. Для більш стійких сортів, Подолянка та Одеська 267, це зниження було незначним. У менш стійких сортів, Достаток та Перлина Лісостепу, спостерігалось значне зниження вмісту хлорофілу.

Таблиця 1. Зміни вмісту пігментів в листках різних сортів озимої пшениці за дії посухи.

варіант		Хлорофіл, мг/г	Каротиноїди, мг/г	Хл/Кар
Одеська 267	Контроль	3,59±0,04	0,43±0,02	8,35±0,03
	Посуха	3,26±0,04	0,45±0,02	7,24±0,03
Подолянка	Контроль	3,79±0,05	0,41±0,02	9,24±0,05
	Посуха	3,49±0,01	0,43±0,02	8,11±0,02
Достаток	Контроль	3,69±0,07	0,39±0,05	9,46±0,07
	Посуха	2,39±0,09	0,57±0,10	4,19±0,10
Перлина Лісостепу	Контроль	3,73±0,17	0,38±0,10	9,81±0,12
	посуха	2,12±0,05	0,64±0,14	3,31±0,22

Вміст каротиноїдів, навпаки, дещо збільшувався у більш стійких сортів. У менш стійких сортів збільшення вмісту каротиноїдів було досить значним. Співвідношення хл/кар, за дії посухи, зменшувалось у всіх сортів, як за рахунок втрачання хлорофілів, так і за рахунок збільшення вмісту каротиноїдів. Підвищення вмісту каротиноїдів пов'язують із старінням

або впливом стресових чинників [11]. Тобто, з одержаних даних можна зробити висновок, що нестійкі сорти озимої пшениці відчували більш значний стрес ніж стійкі сорти.

В таблиці 2 представлені зміни вмісту основних протеїнових комплексів фотосистеми II за дії 7-ми денної посухи.

Таблиця 2. Зміни відносного вмісту основних протеїнових комплексів фотосистеми II в хлоропластах різних сортів озимої пшениці за дії 7-ми денної посухи (% від загального білку хлоропластів).

варіант		CP 47	CP 43	D ₁ /D ₂	СЗК II
Одеська 267	Контроль	3,70±0,27	2,20±0,21	6,38±0,28	18,53±0,21
	Посуха	3,52±0,30	2,07±0,22	6,08±0,30	17,73±0,30
Подолянка	Контроль	3,73±0,21	2,45±0,16	7,32±0,35	18,67±0,21
	Посуха	3,53±0,24	2,15±0,20	6,92±0,35	17,77±0,29
Достаток	Контроль	4,80±0,28	3,18±0,12	6,81±0,28	21,57±0,20
	Посуха	4,00±0,38	2,28±0,18	6,01±0,33	19,29±0,28
Перлина Лісостепу	Контроль	5,99±0,16	3,85±0,14	7,00±0,31	23,98±0,19
	посуха	4,87±0,18	2,05±0,20	5,88±0,33	20,16±0,27

Аналіз відмінностей по сортам показав різну наповненість протеїнами фотосинтетичної системи хлоропластів. Первинна фотореакція ФС II локалізована на гетеродимері D₁/D₂. Саме білки D₁/D₂ утворюють активний реакційний центр ФС II. Зона наповнення цими білками в контрольних варіантах хлоропластів рослин пшениці знаходиться в чисельно близьких значеннях. Вважається, що для стабілізації розділених зарядів в реакційному центрі ФС II обов'язкова кооперація внутрішньої та периферійної антен (CP47 та CP 43). З таблиці видно, що співвідношення внутрішньої та периферійної антен (зони CP47 та CP 43) коливаються в близьких межах ≈1,5 по всім досліджуваним сортам.

Вплив 7-ми денної посухи на рослини призводив до змін у вмісті білків хлоропластів. Аналіз вмісту протеїнів хлоропластів показав, що зниження функціональної активності переважно обумовлене руйнуванням білку реакційного центру D1, а також антенного білку CP 47 у всіх досліджуваних сортів, але в різному ступені, в ланцюгу від більшого до меншого: Перлина Лісостепу-Достаток-Подолянка-Одеська 267. Також у всіх сортів знижувався вміст антенного білку

CP 43 та білків СЗК II. В таблиці не представлені білки, які належать комплексу ФС I, оскільки їх вміст практично не змінювався.

В таблиці 3 представлено зміни вмісту низькомолекулярних захисних протеїнів 36, 21, 16 та 14 кДа. Білок 36 кДа - так звана пластохінолоксидаза, білок 21 кДа - водорозчинний хлорофіл-білок що стабілізує ФС II, білок 16 кДа сприяє тримеризації ФС I та її стабілізації, білок 14 кДа необхідний для забезпечення необхідної конформації для щільного зв'язування Ca⁺⁺ та Cl⁻. Наповнення зон цих протеїнів в контрольних варіантах показує зменшення їх вмісту по ланцюгу: Одеська 267 – Подолянка – Достаток – Перлина Лісостепу.

Виявлено, що пул пластохінону може приймати участь в переносі електронів по механізму хлоропластного дихання (chlororespiration) за участю пластидної термінальної оксидази, (англ. PTOX - Plastid Terminal Oxidase) [12]. Показано, що в хлоропластах рослин томатів та арабідопсису при високотемпературному стресі вміст PTOX підвищується [13]. Активізація циклічного транспорту може бути викликана структурною реорганізацією тилакоїдної системи хлоропласт-

тів при дії стресів. На сьогоднішній день, РТОХ ідентифіковано як новий окисно-відновлювальний компонент, пов'язаний з циклічним та лінійним транспортом. Дані літературних джерел указують на подвійну роль РТОХ: 1 – її активність необхідна для ефективної десатурації каротиноїдів в листках на певних ета-

пах розвитку рослинного організму, але не на всіх, що передбачає існування незалежного від пластидної термінальної оксидази шляху для повторного окислення пластохінола в поєднанні з фітоєнною десатуразою; 2 – РТОХ бере участь в механізмі фотодихання в зелених тканинах рослин [14].

Таблиця 3. Зміни вмісту низькомолекулярних протеїнів в хлоропластах різних сортів озимої пшениці за дії 7-ми денної посухи. (% від загального білку хлоропластів).

варіант		36 кДа, %	21 кДа, %	16 кДа, %	14 кДа, %
Одеська 267	Контроль	10,24±0,12	9,68±0,38	11,04±0,34	5,92±0,33
	Посуха	11,22±0,30	12,6±0,53	13,06±0,21	7,11±0,43
Подольанка	Контроль	7,83±0,11	9,44±0,22	8,14±0,09	5,67±0,20
	Посуха	8,54±0,20	11,22±0,38	10,22±0,51	7,23±0,41
Достаток	Контроль	7,65±0,23	8,03±0,21	7,82±0,30	5,82±0,23
	Посуха	8,13±0,15	11,8±0,25	9,40±0,21	7,55±0,12
Перлина Лісостепу	Контроль	5,99±0,32	6,6±0,31	4,05±0,30	3,38±0,34
	посуха	5,91±0,23	11,20±0,22	6,07±0,52	4,55±0,32

Аналіз вмісту даного протеїну в хлоропластах з рослин пшениці, на які було накладено дію 7-ми денної посухи, показав збільшення наповнюваності зони протеїну 36 кДа, але в різному ступені. Щодо більш посухостійких сортів, то в хлоропластах з прапорцевих листків рослин пшениці озимої сортів Подольанка та Одеська 267 відносний вміст даного протеїну (36 кДа) після 7-ми днів посухи був більший на 10% ніж в контрольних варіантах.

В хлоропластах листків рослин сорту Достаток, цей показник збільшувався на 6 % від загального хлоропластного білку, а в сорті Перлина Лісостепу, при тому, що збільшення спостерігали до 21 %, в варіанті 7-ми денної посухи, відносний вміст протеїну 36 кДа все ж таки був нижчим за контрольні варіанти посухостійких сортів. З цього випливає, що дійсно, показник вмісту даного протеїну відноситься до параметрів, які пов'язані з рівнем толерантності до водного дефіциту, та може бути використаним при селекційних роботах на посухостійкість.

Дослідження адаптацій рослин до осмотичних стресів виявили присутність білків 20-22 кДа, що має гомологію з WSCP (WSCP – water-soluble chlorophyll-protein) – водорозчинний хлорофіл-білок, що індукується сольовим стресом. Раніше було показано, що накопичення мРНК-22 поліпептиду індукується сольовим стресом та посухою [15]. Передбачено, що цей білок зменшує протеазну активність в адаптованих до

посухи листках [16]. З таблиці видно, що посуха посилює також синтез протеїнів 16, 14 кДа. Позначені поліпептиди відносяться до ранніх світлоіндукованих протеїнів, які функціонально можуть бути задіяні в механізмах стійкості до посухи та високих температур. В контрольних варіантах вміст цих протеїнів, так само як і для протеїнів РТОХ, розташованих в ланцюгу від меншого до більшого: Перлина Лісостепу – Достаток – Подольанка - Одеська 267. В стресових умовах, в тому числі й при гіпертермії, абсорбована хлорофілом енергія, яка не може бути повністю використана в фотосинтетичних реакціях, викликає окисне пошкодження клітин за участю активних форм кисню та вільних радикалів. Тому, вміст таких захисних протеїнів, як РТОХ, який підтримує електронний транспорт на високому рівні, має велике значення для збереження високої функціональної активності в умовах стресу.

Висновки. Посухостійкі сорти озимої пшениці відрізняються збільшеним вмістом низькомолекулярних захисних протеїнів, 36, 21, 16 та 14кДа, у контрольних рослинах. За дії посухи ці сорти втрачають менше пігментів та основних структурних протеїнів фотосистеми II. При цьому відносний вміст низькомолекулярних захисних протеїнів збільшується. Таким чином показано, що вміст протеїнів 36, 21 та 16 кДа може бути одним із молекулярних маркерів посухостійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rauf, S., Al-Khayri, J.M., Zaharieva, M., Monneveux, P. and Khalil, F. Breeding strategies to enhance drought tolerance in crops. In: Al-Khayri, J.M., Jain S.M. and Johnson D.V. (eds.) *Advances in plant breeding strategies. Agronomic, abiotic and biotic stress traits*. 2015.
2. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production // *Nature*, 2016. 529(7584). P. 84-87.
3. IPCC: Summary for policymakers. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Pt. A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L. (Eds.). New York, USA: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2014. P. 1-32.
4. Zulkiffal M., Ahsan A., et al. Heat and Drought Stresses in Wheat (*Triticum aestivum* L.): Substantial Yield Losses, Practical Achievements, Improvement Approaches, and Adaptive Mechanisms 2021DOI: [10.5772/intechopen.92378](https://doi.org/10.5772/intechopen.92378) In book: *Plant Stress Physiology*.
5. Кирилий Д.А., Стасик О.О., Прядкина Г.А., Шадчина Т.М. Ассимиляция CO₂ и механизмы ее регуляции. Фотосинтез. Том 2. К.: Логос, 2014. 480 с.
6. Murata N., Takahashi S., Nishiyama Y., Allakhverdiev S.I. Photoinhibition of photosystem II under environmental stress // *Biochem. et Biophys. Acta.*, 2007. 1767(6). P. 414–421.
7. Креславский В.Д. Карпентер П., Климов В.В., Мурата Н., Аллахвердиев С.И. Молекулярные механизмы устойчивости фотосинтетического аппарата к стрессу // *Биологические мембраны*, 2007. 3. С. 195-217.
8. Allison E. et al. Flexibility in photosynthetic electron

- transport: The physiological role of plastoquinol terminal oxidase (PTOX) // Biochem. et Biophys. Acta., 2011. 1807. P. 954–967.
9. Anderson J.M. The Grana Margins of Plant Thylakoid Membranes // Physiol. Plant. 1989. V.76. P. 243-248.
10. Wellburn A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total Carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution // Journal Plant Physiology. 1994. V. 144. P. 307-313.
11. Vermaas W. Molecular-biological approaches to analyze photosystem 2 structure and function // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1993. 44. P. 457-481.
12. Bukhov N.G., Carpentier V.V. Alternative Photosystem I-Driven Electron Transport Routes: Mechanisms and Functions // Photosynthesis Research. 2004. V.82. P. 17-33.
13. Fu A., Park S., Rodermeil S. Sequences required for the activity of PTOX (IMMUTANS), a plastid terminal oxidase: in vitro and in planta mutagenesis of iron-binding sites and a conserved sequence that corresponds to Exon 8 // J. Biol. Chem. 2005. V. 280. P. 42489-42496.
14. Shahbazi M., Gilbert M., Laboure A., Kuntz M. Dual Role of the Plastid Terminal Oxidase in Tomat // Plant Physiol. 2007. V. 145. P. 691–702.
15. Xiong L., Schumaker K.S., Zhu J.-K. Cell signaling during cold, drought and salt stress // Plant cell. 2002. V. 14. P. 165-183.
16. Ilami R. Water-Soluble Chlorophyll Protein in Brassicaceae Plants is a Stress-Induced Chlorophyll-Binding Protein // Plant and Cell Physiology. 2001. V.42. P. 906–911.

REFERENCES

5. Kirizy D.A, Stasik O.O., Pryadkina G.O., Shadchina T.M. Assimilation of CO₂ and mechanisms of its regulation. Photosynthesis. V 2. Kyiv: Logos, 2014. 480 p.
7. Kreslavsky V.D. Karpentier R., Klimov V.V., Murata N., Allahverdiev S.I. Molecular mechanisms of stability of photosynthetic apparatus for stress // Biological membranes, 2007. (3). P. 195-217.

Changes in the content of pigments and structural proteins of chloroplast membranes in different varieties of winter wheat under the influence of drought

O. Yu. Bondarenko, V. V. Shevchenko

Abstract. The content of chlorophylls and structural proteins of chloroplast membranes in winter wheat varieties of different resistance in the control and under the action of 7-day drought was studied. It was found that the more resistant varieties had an increased content of low molecular weight protective proteins in the control. During the drought, all varieties lost chlorophyll and basic structural proteins. This loss was greater in less resistant varieties. The relative content of low molecular weight protective proteins increased. Thus, it is shown that the protein content of 36, 21 and 16 kDa can be one of the molecular markers of drought resistance.

Keywords: *Triticum aestivum L.*, winter wheat, structural proteins of the photosynthetic apparatus, pigments, drought.

PHYSICS

Astronomical and geographical model for programming microcontrollers of ground-based trackers

V. P. Ivanytsky¹, M. M. Ryaboschuk¹, M. V. Stoika², S. V. Tiutiunnykov¹

¹Uzhhorod National University, 13, Kapitulna Str., t. Uzhhorod, 88000

²Ferenc Rakoczi II. Transcarpathian Hungarian Institute, 6, Kosuth square, Beregovo, 90200

²Corresponding author. E-mail: sztojka.miroslav@kmf.org.ua

Paper received 23.03.21; Accepted for publication 20.04.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-02>

Abstract. The prospects of using autonomous automatic solar orientation systems to increase the efficiency of small solar power stations are shown. A simple clear astronomical geographical model has been created to develop an algorithm for programming microcontrollers of autonomous trackers for an arbitrary point of the globe. The model is based on the geometric parameters of the Sun trajectory in the celestial sphere. The necessity of establishing the exact local solar time of the point of the power station location to achieve the maximum efficiency of its operation is shown.

Keywords: resource-saving energy, ground-based trackers, solar orientation systems.

Introduction. Nowadays, acceleration of the development of resource-saving energy and improving of energy efficiency are becoming global problems of all mankind. For their successful solution it is necessary to take into account a number of various interdependent factors: psychological, informational, environmental, organizational, political, economic, financial, technical, scientific, educational and others. In this regard, the development of solar energy seems to be the most prospective of all modern resource-saving energy areas. This is confirmed by the adoption of "The European Green Deal" [1] in 2020.

The main disadvantage of solar energy, like all other resource-saving technologies, is the higher cost of generated energy, compared to traditional sources. Therefore, nowadays "large" solar energetics is economically unattractive. Its development is stimulated mainly by global environmental and political motives, and the rapid growth of solar energy capacity becomes possible only with government support, including dotations in the form of a "green" rate. That's why it can be said that the development of resource-saving technologies in today energetics is funded by almost every citizen of individual countries and all mankind.

The efficiency of solar energy elements is determined by their physical and technical characteristics, external natural factors and technical conditions of their exploitation. To increase the efficiency of solar power stations and for adequate assessment of their energy generating capacity, it is necessary to take into account all three types of factors. In this case the transformation of solar energy into a highly profitable sector of the economics requires the use of all available opportunities to reduce the cost of solar energy. To do this, you can take advantage of the fact that solar energy is widely available everywhere. In our opinion, small solar energy with placement of solar elements on already ready designs of building of cities, villages and other geographical objects has wide opportunities in this respect. This approach is economically accepted by a number of positive conditions. 1. Land plots with high cost shall not be traditionally used. 2. Money is saved on structural elements of placement of solar cells. 3. Losses for energy transporta-

tion are significantly reduced, as the place of its generation practically coincides with the place of its use. 4. Energy consumption in the modern utilities sector is quite significant, the savings may also increase significantly due to the refusal from long electric transmission lines.

In addition to noted above, there is a number of technical possibilities to reduce the cost of solar energy, for example, by increasing the efficiency of energy elements. But this factor requires increased investment and additional research and design research of the new solar systems. This paper analyzes the possibilities of reducing the cost of solar energy using special technical systems of spatial orientation of solar cells, the so-called trackers. These systems set the optimal vertical and azimuthal angle of incidence of sunlight on the solar panel. This condition is provided by two main methods.

The first is the periodic seasonal manual reorientation of the panels according to changes in the maximum height of the Sun above the horizon. But the most likely locations for solar power generators for low energy are mostly fixed hard-to-reach structures (roofs, windows, translucent floors, etc.), for which, in most cases, manually changing the angular orientation of solar panels is difficult or impossible. Therefore, for small energy it is advisable to use the second method of optimal orientation using autonomous automatic systems. The maximum economic effect from operation of such systems is reached on condition of constant maintenance by them of optimum angles of orientation of solar elements. That's why the design of such systems requires the development of an accurate control algorithm for these systems. And this requires a detailed analysis of the relationship of technical parameters of such systems with the geographical features of their location and astronomical parameters of the Sun's motion in the celestial sphere.

The main control elements of modern electronic tracker systems are microcontrollers. Their use requires the creation of an appropriate mathematical model and control algorithm for all devices. According to these features, nowadays mainly two types of solar cell trackers are used: space and terrestrial. They differ in the optimal methods of tracking the spatial position of the Sun in the celestial

sphere. For spacecraft, the use of photosensors for this purpose is optimal [2]. For terrestrial solar energy systems, the optimal method is to calculate the coordinates of the position of the Sun in the celestial sphere at the current time of solar time [3]. This work is devoted to the study of the issues noted above.

Literature review. For ground-based trackers it is necessary to have a mathematical model of operation of the control microcontroller. According to this model, an appropriate algorithm and control program for the entire tracking system is created. There are many studies devoted to this problem [4-6]. But most of them are characterized by common errors, inaccuracies, lack of verification of compliance with reality or too complex presentation of theoretical material. As a result, for students and novice practitioners in the field of solar energy there are significant difficulties in mastering the theoretical basics of tracker systems. And to find out all the reasons why one or another mathematical relation borrowed from literary sources does not work is not justified to spend a lot of time.

Purpose. We will try to create our own simplest astronomical-mathematical model, which fully describes the process of orientation to the Sun and is suitable for use in microcontrollers trackers installed anywhere in the world.

Models and methods. Studies of the problems of orientation of solar elements are associated with the visible movement of the Sun in the celestial sphere. The last means a sphere of a certain radius, with the center O (Fig. 1), which is located at a given geographical point. A number of parameters important for the design of ground-based tracker systems are associated with the celestial sphere. The basic parameter of this sphere is its vertical, which passes through the center O (Fig. 1). A large circle of the celestial sphere that is perpendicular to the vertical and passes through the point O is called the mathematical (or true) horizon. A large circle of the celestial sphere, which passes through the vertical and through the Sun position point M is called the Sun height circle (Fig. 1). The axis of the universe is a coded line around which the visible rotation of luminaries on the celestial sphere conditionally takes place. The great circle of the celestial sphere, perpendicular to the axis of the world, is called the celestial equator.

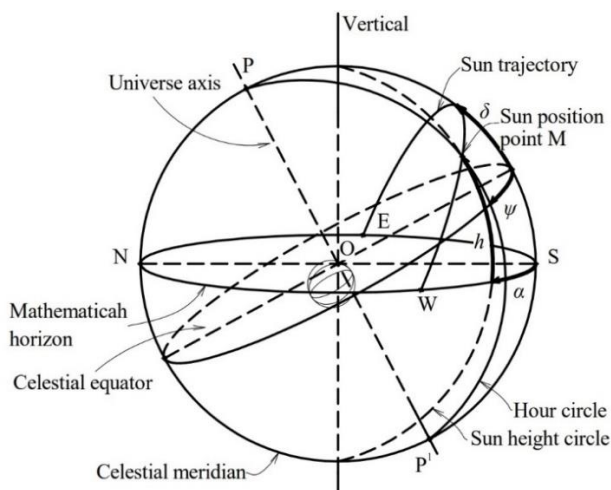


Figure 1 - The main celestial sphere parameters and Sun coordinates; N - the north point, S - the south point, P - the north world pole, P' - the south world pole

Setting the coordinates of the orientation of the trackers is associated with the consideration of the apparent motion of the Sun relative to the earth's surface in the celestial sphere. At the same time, the actual motion of the Sun in outer space is determined by its astronomical coordinates. To orient the solar elements, it is necessary to know the relationship between the geographical and astronomical coordinates of the position of the Sun at any time in the local solar time (local solar time LST) in a given area.

To determine the LST the concept of the celestial meridian of a large circle of the celestial sphere, which passes through the axis of the world and the vertical of the celestial sphere is used (Fig. 1). Thus for the beginning of reference LST the moment of passage by the Sun of a northern semicircle of a celestial meridian is taken. This event is called the lower culmination of the Sun or the true north and for it LST = 0. Accordingly, the true noon corresponds to 12 o'clock LST. This corresponds to the highest position of the Sun in the celestial sphere for a given day at a given point on the globe.

In clocks, time is set administratively through the time zones of the globe associated with their local standard time meridians (LSTM). This meridian is used to denote a specific time zone and to set the administrative solar time t for points on the earth's surface located on this meridian. Therefore, the administrative time we use in a given time zone is the LST value for the standard meridian of that time zone. It should be noted that for some countries the time t used may differ from the solar administrative time at certain time of the year when using daylight saving time transitions. Such events should be taken into account by the microcontroller program in the form of Δt_A correction, for the corresponding period of the year.

Results and discussion. Definition of LST. Within one time zone, the LST varies widely. Therefore, for a specific geographic location of a solar panel latitude D to determine LST, a correction (in minutes) $\Delta t_L = 4 \cdot (15^\circ \cdot N_T - D)$ should be given during administrative time, where N_T is the time zone number of a specific area. It should be noted that the time zone numbers have a sign: for the western hemisphere the time zone numbers start from Greenwich ($N_T = 0$) and they are negative, and for the eastern hemisphere the time zone numbers also start from Greenwich, but they are already positive. In particular, the time zones of Europe correspond to the numbers $N_T = 0, +1, +2, +3$. Therefore, the correction Δt_L can be both positive and negative. In addition, it should be borne in mind that the value of D is set separately for the western and eastern hemispheres of the Earth in the range from 0 to 180° .

The movement of the Sun in the celestial sphere is quite uneven due to two main phenomena: a) our planet moves in its elliptical orbit faster in the region of perihelion and slower in the region of aphelion; b) the plane of the ecliptic (the trajectory of the Sun's motion in the celestial sphere among the stars during the year) has a certain inclination to the plane of the celestial equator. Such effects are taken into account by the total correction to time t in the form of an empirical relation, which is called the equation of time [7] $\Delta t_E = 9,87 \cdot \sin(2B) - 7,53 \cdot \cos(B) - 1,5 \cdot \sin(B)$, where $B = 0,986 \cdot (N - 81)$, and N is the day number from the beginning of the year. In the given

equation, the parameter B has the unit of measurement is radians, and the correction Δt_E is the unit of measurement of the minute. The Δt_E correction on each particular day of the year is the same for observers at any point on the Earth's surface.

Analysis of these relationships shows that for any time zone, the maximum value of the time correction Δt_E does not exceed 20 minutes, and the correction Δt_L 40 minutes. Then the maximum total time correction for solar orientation systems can be taken equal to 1 hour. This corresponds to the deviation of the direction of incidence of solar radiation from the normal of the panel at an angle of about 15° . This deviation will correspond to a reduction of the energy flux falling on the panel by about 5%. This deviation persists throughout the operation of the solar panels. Therefore, calculations show that for the European region, ignoring these corrections in tracker systems for different geographical installation points of one kilowatt solar panel will lead to total annual electricity losses in the range from 50 kWh to 100 kWh. In our opinion, the calculated losses for low-capacity power plants are significant. Therefore, the corrections Δt_E and Δt_L to the local solar time are very important when designing the systems of orientation of the elements to the Sun.

The main contribution to the time correction is made by the component Δt_L . In this case, it is defined once as a fixed constant only when mounting the system in a given area and does not change during operation of the installed solar power plant. The Δt_E correction is constantly changing from day to day. The nature of these changes is such that in the most active summer period of electricity generation, the majestic Δt_E does not exceed 8 minutes, and this correction reaches its maximum value in the autumn-winter period. As a result of introducing the Δt_E correction into the microcontroller program, it gives an average daily energy increase of about 2% of the design capacity.

Thus, in solar orientation systems, the value of the exact local solar time can be calculated by a simple relation: $LST = t - (\Delta t_L + \Delta t_E + \Delta t_A)$. Accordingly, an independent clock should be entered in the electronic orientation device and set to the administrative time t in the corresponding time zone N_T . The data of this clock will be used by the microcontroller to determine the order of actions of the executing devices of the orientation system at each time of LST operation of the solar panel.

Time angle calculations. In the development of orientation systems, the values of LST are translated into degrees, entering the hour angle ψ , which is also called the solar angle. To determine it, use the concept of the hour circle (or the circle of inclination of the Sun) is a large

circle of the celestial sphere, which passes through the axis of the world and through the Sun (Fig. 1). Then the time angle is called the angle ψ from the upper point of the celestial equator (south point) to the hour circle of the celestial sphere. The time angles are calculated in the direction of the apparent diurnal rotation of the celestial sphere.

According to the definitions of ψ and LST, there is a difference between them, which corresponds to 12 hours. Therefore, if the microcontroller of the orientation system is configured to determine the LST for the area, the time angle is easily calculated by the ratio $\psi = (LST \pm 720) / 4$. Here LST is set in minutes, and the time angle ψ is calculated in degrees. Thus before noon in a ratio it is necessary to take a sign "minus", and in the afternoon a sign "plus".

The Sun inclination, height and azimuth angles. By definition (Fig. 1), the Sun inclination is the angle δ between the celestial equator and the plane of the trajectory of the diurnal motion of the Sun on a particular day of the year (Fig. 1). The main astronomical coordinates of the Sun's position M are its height h and azimuth α (Fig. 1). The Sun height h is determined on the Sun height circle. It is the angle between the plane of the mathematical horizon and the point M . The Sun azimuth α is determined in the circle of the mathematical horizon as the angle between the south point S and the Sun height circle. The azimuths of the Sun are calculated in the direction of the visible diurnal rotation of the celestial sphere.

Conclusions. One of the ways to solve the problem of resource conservation is the most efficient use of material and technical facilities of those solar power plants that are being built. This is due to the fact that the production of such facilities requires significant cost of raw materials and energy. Therefore, their operation should give the maximum possible positive effect. In this regard, the use of autonomous automatic solar orientation systems to increase the efficiency of small solar power plants is quite promising. The cost of production of such systems does not exceed 15% of the cost of a solar power plant. The use of orientation systems in small solar power plants increases the efficiency of energy generation by 30-40%. We have created a simple mathematical model of the algorithm for programming microcontrollers of autonomous orientation systems, which provides maximum power from the installed small power plant. This model can be used for equipment installed at any point on Earth. The model is based on the principle of determining the exact local time with reference to the geometric parameters of the trajectory of the Sun in the celestial sphere.

REFERENCES

1. A European Green Deal 2019, An official website of the European Union, accessed 23 March 2021, <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en>.
2. Navigation 2016, NASA Science, Solar System Exploration, accessed 23 March 2021, <<https://solarsystem.nasa.gov/basics/chapter13-1>>.
3. David Cooke, Single vs. Dual Axis Solar Tracking // Alternate Energy magazine, April 2011.
4. Alistair B. Sprou, 2007. Derivation of the solar geometric relationships using vector analysis // Renewable Energy, Elsevier, v. 32(7), p.1187-1205.
5. Lorenzo Mari, 2020. An Introduction to Solar Geometry for Solar Cell Optimization // EEPower, Technical article, accessed 23 March 2021, <<https://eepower.com/technical-articles/an-introduction-to-solar-geometry-for-solar-cell-optimization/#>>.
6. Karttunen H., Kröger P., Oja H., Poutanen M., Donner H. J., 2003. Fundamental Astronomy. 4th ed., Berlin: Springer.
7. Equation of time 2021, Wikipedia, the free encyclopedia, accessed 23 March 2021, <https://en.wikipedia.org/wiki/Equation_of_time>.

PHARMACEUTICS

Разработка спектрофотометрической методики количественного определения нового биологически активного производного имидазола

С. К. Ордабаева¹, А. Д. Асильбекова¹, Д. Г. Тлеукабыл¹, А. Д. Серикбаева¹, И. М. Шарипов²

¹Южно-Казахстанская медицинская академия, г. Шымкент, Казахстан;
²Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия.
Corresponding author. E-mail: @ordabaeva

Paper received 08.07.21; Accepted for publication 26.07.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-03>

Аннотация. Целью исследования является разработка воспроизводимого и доступного метода спектрофотометрии для количественного определения нового биологически активного производного имидазола. УФ-спектры поглощения 2,4,5-трибром-имидазола, снятые в зависимости от pH среды в различных растворителях показали, что для количественного анализа наиболее оптимальным условием является кислая среда, созданная раствором 0,01М кислоты хлороводородной при длине волны 229±2нм, при этом величина удельного показателя поглощения составляет 301.

Ключевые слова: производное имидазола, 2,4,5-трибром-имидазол, количественное определение, УФ-спектрофотометрия, валидация.

Введение. Депрессия является распространенным психическим расстройством. По оценкам, во всем мире от нее страдает более 264 миллионов человек из всех возрастных групп. По данным ВОЗ, психические расстройства повышают риск приобретения других болезней, например, сердечно-сосудистые заболевания и диабет. В худших случаях она может приводить к самоубийству. Ежегодно около 800 000 человек погибают в результате самоубийства - второй по значимости причины смерти среди людей в возрасте 15-29 лет. Распространенность депрессий в различных странах имеет большую вариативность, колеблется от 8 до 12% в общей структуре заболеваний, при этом риск развития большого депрессивного эпизода составляет 15-20% [1,2].

Одним из наиболее распространенных методов лечения расстройств депрессивного спектра является применение антидепрессантов. Антидепрессанты - психотропные лекарственные средства, применяемые, прежде всего для лечения депрессии, оказывающие влияние на уровень нейромедиаторов, в частности серотонина, норадреналина и дофамина. У депрессивного больного они улучшают настроение, уменьшают или снимают тоску, вялость, апатию, тревогу, беспокойство, раздражительность и эмоциональное напряжение, повышают психическую активность, нормализуют фазовую структуру и продолжительность сна, аппетит [3,4].

На кафедре фармацевтической химии с курсами аналитической и токсикологической химии Башкирского государственного медицинского университета (БГМУ, Уфа, Россия) Халиуллиным Ф.А. с соавторами синтезировано новое производное - 2,4,5-трибром-имидазол (2,4,5-Br-I), обладающее антидепрессивным действием [5].

Для внедрения в медицинскую практику новых биологически активных соединений необходимо изучение их физических и химических свойств, стандартизация качественных показателей и разработка проекта временного аналитического нормативного документа (ВАНД). В аналитических нормативных документах для идентификации и количественного определения лекарственных средств чаще всего предлагаются хроматографические, спектрофотометрические методы. Это связано с тем, что

данные методы обладают высокой специфичностью, чувствительностью, точностью, правильностью, повторяемостью [6].

Исследование спектральной характеристики 2,4,5-трибром-имидазола в УФ-области позволило использовать достаточно надежный и доступный метод спектрофотометрии для количественного анализа данного вещества.

Цель исследования. Разработка воспроизводимого и доступного метода спектрофотометрии для количественного определения нового биологически активного производного имидазола.

Материалы и методы. Материалы: лабораторные образцы субстанции 2,4,5-трибром-имидазола (2,4,5-Br-I, CAS: 2034-22-2), полученные на кафедре фармацевтической химии с курсами аналитической и токсикологической химии БГМУ (Уфа, РФ); спектрофотометр СФ-2000 (РФ), реактивы и растворители категории «х.ч.» и «ч.д.а.». Методы: УФ-спектрофотометрия, потенциометрия. Статистическая обработка результатов исследования проводилась по программе STATISTICA-Version 10 (компания «Stat-Soft», США).

Результаты и обсуждение. УФ-спектры поглощения 2,4,5-трибром-имидазола, снятые в зависимости от pH среды в различных растворителях показали, что для количественного анализа наиболее оптимальным условием является кислая среда, созданная раствором 0,01М кислоты хлороводородной при длине волны 229±2нм (рисунк 1).

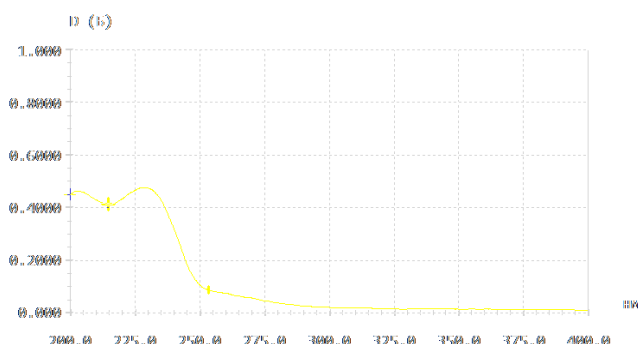


Рисунок 1 – УФ-спектр 2,4,5-трибром-имидазола в 0,01М хлороводородной кислоте

Согласно правилам GMP, важнейшим критерием оценки любой аналитической методики служит доказательство ее валидности, включающей взаимосвязанную систему характеристик - специфичность, линейность, правильность и воспроизводимость.

Методика определения линейности (построения калибровочного графика): 0,0100г (точная навеска) субстанции помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл, растворяют в 25мл 50%-ного этилового спирта, доводят объем раствора растворителем до метки и перемешивают (раствор А).

В мерные колбы вместимостью 50 мл помещают 2.0; 4.0; 6.0; 8.0; 10.0 мл раствора А, доводят объемы растворов 0,01М хлороводородной кислотой до метки и перемешивают. Измеряют оптическую плотность полученных растворов на спектрофотометре при длине волны 229 нм в кювете с толщиной слоя 10мм. В качестве раствора сравнения используют 50% этиловый спирт.

Для исследования линейности был построен калибровочный график, показывающий зависимость оптической плотности от концентрации исследуемой субстанции. Результаты статистической обработки результатов исследования показали, что коэффициент корреляции линейного регрессионного графика r для 2,4,5-трибром-имидазола составляет 0,9995 (таблица 1, рисунок 2).

На основании полученных результатов можно утверждать, что соблюдается линейная зависимость между величиной оптической плотности и содержанием 2,4,5-трибром-имидазола в исследуемых растворах в интервале 0,008-0,04мг/мл от декларируемой величины. Этот интервал можно определить как аналитическую область методики.

Таблица 1. - Оценка линейной зависимости методики количественного определения 2,4,5-трибром-имидазола

№	Концентрация субстанции в растворе, С, %	Оптическая плотность, D	Удельный показатель поглощения, $E_{1\%}^{1\text{см}}$	Метрологические характеристики
1	0,0008	0,259	327,75	X = 301,15
2	0,0016	0,498	311,25	S = 13,49
3	0,0024	0,705	293,75	S _x = 5,51
4	0,0032	0,932	291,25	$\Delta x = \pm 14,16$
5	0,0040	1,143	285,75	$\varepsilon = \pm 2,76\%$ $r \approx 0,9995$

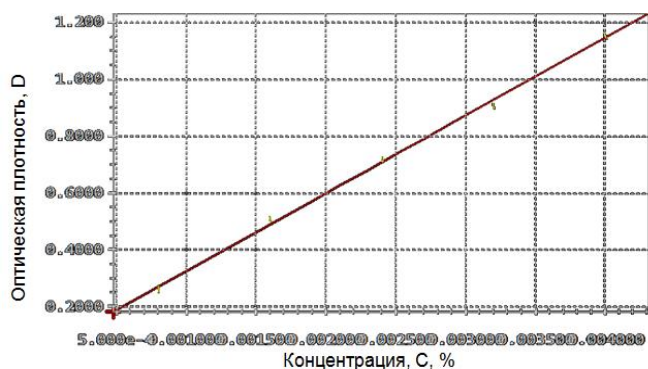


Рисунок 2 - Калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации 2,4,5-трибром-имидазола.

Методика количественного определения 2,4,5-трибром-имидазола в субстанции: 0,0100г (точная навеска) субстанции помещают в мерную колбу вместимостью 50мл, растворяют в 25мл 50%-ного этилового

спирта, доводят объем раствора растворителем до метки и перемешивают (раствор А). 8мл раствора А помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл, доводят объем раствора 0,01М хлороводородной кислотой до метки и перемешивают. Измеряют оптическую плотность полученного раствора на спектрофотометре при длине волны 229 нм в кювете с толщиной слоя 10мм. В качестве раствора сравнения используют 50% этиловый спирт.

Приготовление раствора рабочего стандартного образца (PCO) 2,4,5-трибром-имидазола: 0,0100г (точная навеска) PCO помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл, растворяют в 25 мл 50%-ного этилового спирта доводят объем раствора растворителем до метки и перемешивают (раствор А). 8 мл раствора А помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл, доводят объем раствора 0,01М хлороводородной кислотой до метки и перемешивают. Срок годности раствора 1 неделя.

Правильность методики характеризуется близостью полученных результатов испытаний к действительному значению определяемой величины. Она показывает систематические погрешности метода и выражается как процент регенерации точно взвешенного количества анализируемого образца. Данная характеристика валидности установлена по результатам анализа лабораторных образцов субстанции 2,4,5-трибром-имидазола (таблица 2). Средний процент регенерации составляет 98,33%, все полученные данные находятся в интервале 99,6-100,5%. Синтетическая природа субстанции объясняет наличие родственных примесей, что определяет требования к количественному содержанию 2,4,5-трибром-имидазола - не менее 99%. Результаты исследования показывают удовлетворительную точность методики. Относительная ошибка среднего результата составляет $\pm 0,2138\%$

Таблица 2 - Оценка правильности методики количественного определения 2,4,5-трибром-имидазола

Взято, в г	Найдено, в %	Метрологические характеристики
0,0100	99,59	n = 5 $x_{\text{cp}} = 99,8699$ $\Delta x_{\text{cp}} = 0,1923$ $S = 0,0785$ $x_{\text{cp}} \pm \Delta x_{\text{cp}} = 99,86 \pm 0,1923$ $\varepsilon_{\text{cp}, \%} = 0,2138$
0,0100	100,12	
0,0100	99,67	
0,0100	100,45	
0,0100	99,98	

Воспроизводимость аналитической методики характеризуется степенью совпадения результатов индивидуальных определений при многократном использовании. Относительная ошибка среднего результата составляет $\pm 0,38\%$ (таблица 3).

Таблица 3 - Оценка воспроизводимости методики количественного определения 2,4,5-трибром-имидазола

X _i , мг	n	X _{cp}	S	ΔX_{cp}	X _{cp} ± ΔX_{cp}	$\varepsilon_{\text{cp}, \%}$
1	2	3	4	5	7	8
100,33	9	99,98	0,3633	0,1483	99,98 ± 0,1483	± 0,3812
99,83						
99,67						
100,12						
99,74						
100,45						
99,98						
99,59						
100,05						

Выводы. По результатам валидации установлено, что разработанная методика является специфичной для определения количественного содержания 2,4,5-трибром-имидазола в субстанции, характеризуется корректной точностью и воспроизводимостью в аналитиче-

ской области по отношению к установленной рабочей концентрации 2,4,5-трибром-имидазола в растворе, что позволяет использовать ее для достоверной оценки качества субстанции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс] / Информационная бюллетень Март 2018г. (22.03.18) - Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/depression>, свободный. (Дата обращения: 17.10.19)
2. Михайлов, Б.В. Депрессии как междисциплинарная проблема современной дисциплины / Б.В. Михайлов // *Арх. Психиатрии*. - 2004. - Т. 10, №1. - 182-187 с.
3. Кукес В. Г. Клиническая фармакология. - 3-е. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. - 3500 экз. - ISBN 5-9704-0287-7.
4. Александрова, Е.В. Свойства галогенимидазолов (Обзор) / Е.В. Александрова, А.Н. Кравченко, П.М. Кочергии // *Химия гетероцикл. соедин.* -2011.- №3 (525) – С. 323-356
5. Шарипов И.М. Синтез и биологическая активность тиетансодержащих производных 4,5-дибромимидазола: автореф. дис. к-да фарм. наук: 14.04.02 / Шарипов Ирик Мунирович - Уфа, 2014. - 163 с.
6. Государственная Фармакопея Республики Казахстан. - Алматы: «Жібек жолы». - 2008. - Т.1. - 6. 592.

REFERENCES.

1. World Health Organization [Electronic resource] / Newsletter March 2018 (22.03.18) - Access mode: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/depression>, free. (Date of request: 17.10.19)
2. Mikhailov, B. V. Depressions as an interdisciplinary problem of modern discipline / B. V. Mikhailov // *Arch. Psychiatrii*. - 2004. - Vol. 10, No. 1. - 182-187 p.
3. Kukes V. G. Clinical pharmacology. - 3-E.-M.: GEOTAR-Media, 2006. - 3500 copies. - ISBN 5-9704-0287-7.
4. Alexandrova, E. V. Properties of halimidazoles (Review)/ E. V. Alexandrova, A. N. Kravchenko, P. M. Kochergii // *Chemistry of heterocycles. soedin.* -2011. - No. 3 (525) - pp. 323-356
5. Sharipov I. M. Synthesis and biological activity of thietane-containing derivatives of 4,5-dibromimidazole: abstract. candidate of Pharmaceutical Sciences: 14.04.02 / Sharipov Irik Munirovich-Ufa, 2014. - 163 p.
6. State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. - Almaty: "Zhibek zholy". - 2008. - Vol. 1. - p. 592.

Development of a spectrophotometric method for the quantitative determination of a new biologically active imidazole derivative **S. K. Ordabaeva, A. D. Assilbekova, D. G. Tleukabyl, A. D. Serikbayeva, I. M. Sharipov**

Annotation. The aim of the study is to develop a reproducible and accessible spectrophotometric method for the quantitative determination of a new biologically active imidazole derivative. UV absorption spectra of 2,4,5-tribromo-imidazole, taken depending on the pH of the medium in various solvents, showed that the most optimal condition for quantitative analysis is an acidic environment created by a solution of 0.01M hydrochloric acid at a wavelength of 229 ± 2 nm, the value of the specific absorption index is 301.

Keywords: imidazole derivative, 2,4,5-tribromo-imidazole, quantification, UV spectrophotometry, validation.

SPORT

Відновлювальні засоби у підготовці футболістів збірної України з футболу серед спортсменів з порушенням зору

С. В. Савченко, І. М. Скрипка, М. Б. Чхайло, І. М. Кравченко, В. В. Гладов

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка, г. Суми, Україна

*Corresponding author. E-mail: iraskripka1986@gmail.com

Paper received 24.03.21; Accepted for publication 19.04.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-04>

Анотація. У статті підтверджено необхідність використання засобів фізичної терапії для відновлення спортивної працездатності футболістів збірної України з футболу серед спортсменів з порушенням зору і тим самим покращувати їх функціональні показники та психоемоційний стан. Підтверджено популярність та актуальність застосування новітньої технології відновлення працездатності футболістів з порушенням зору, таких як – кріосауна. Встановили, що підготовка спортсмена паралімпійця це - процес успіх якого залежить від реалізації багатьох завдань: фізичної, технічної, тактичної, психологічної, теоретичної та змагальної підготовки спортсменів. Доведено, позитивний вплив від застосування фізіотерапевтичних засобів у тренувальному процесі спортсменів, що підтверджено покращенням всіх показників за всіма критеріями методики діагностики самопочуття, активності і настрою та позитивними змінами показників центральної гемодинаміки футболістів.

Ключові слова: відновлення, футболісти з порушенням зору, кріосауна, психоемоційний стан.

Вступ. На сьогодні важливим питанням залишається відновлення функціонального стану організму спортсменів, відновлення їх адаптаційних резервів, а також досягнення оптимального рівня особистісної адаптації та професійно важливих якостей, відновлення якості їх життя [4, 5.]. За даними Н. І. Аралова [1] різке зростання об'ємів та інтенсивності тренувальних і змагальних навантажень призводить до морфофункціональних змін у тканинах, а також до виникнення травм у висококваліфікованих спортсменів.

За даними науковців [1, 3, 4] відновлювальні заходи проводять в умовах змагань, коли необхідно забезпечити швидке та за можливості повне відновлення спеціальної фізичної працездатності та психологічної готовності до наступного етапу змагань, та в повсякденному навчально-тренувальному процесі в ході вдосконалення загальної та спеціальної працездатності, яка, цілком очевидно, пов'язана із втомою. Підготовка спортсмена паралімпійця це - процес успіх якого залежить від реалізації багатьох завдань (фізичної, технічної, тактичної, психологічної, теоретичної та змагальної підготовки спортсменів), а їх реалізація залежить від уміння тренера застосовувати певні засоби і методи у залежності від контингенту спортсменів і умов, у яких проводиться тренування [7]. Саме це обумовлює важливість процесу відновлення, оскільки досягти високих результатів лише за рахунок збільшення об'ємів та інтенсивності тренувальних навантажень неможливо. У зв'язку з тим, що недостатня кількість досліджень спрямована на вивчення новітньої технології відновлення працездатності спортсменів в спортивних іграх, куди включається і заняття футболом (футзалом) незважаючи на те, що збірна команда України з порушенням зору є лідером в світовому рейтингу наше дослідження є актуальним.

Мета. визначити вплив засобів фізичної терапії у відновленні спортивної працездатності футболістів збірної України з футболу серед спортсменів з порушенням зору.

Завдання дослідження:

1. Аналіз та узагальнення наукових та методичних джерел;

2. Визначити позитивний вплив від застосування фізіотерапевтичних засобів у тренувальному процесі футболістів збірної України з футболу серед спортсменів з порушенням зору

Матеріали і методи дослідження. У процесі дослідження використано аналіз та узагальнення наукових та методичних джерел, педагогічний експеримент, педагогічне спостереження, анкетування суб'єктивного стану за методикою діагностики самопочуття, активності і настрою «САН», методи математичної статистики. Об'єктом дослідження були футболісти збірної України з футболу серед спортсменів з порушенням зору. Дослідження було проведено під час навчально-тренувальних зборів збірної м. Анталія (Туреччина). У процесі планування, організації та здійснення експериментальних досліджень вивчали ефективність застосування кріотерапії для відновлення спортивної працездатності спортсменів з порушенням зору збірної України з футболу за допомогою наступних показників: частоти серцевих скорочень (ЧСС), систолічного артеріального тиску (САТ), діастолічного артеріального тиску (ДАТ), пульсового артеріального тиску (ПАТ), ударного об'єму кровотоку (УОК), хвилиного об'єму кровотоку (ХОК) у стані спокою, після тренувального навантаження для діагностики втоми. До педагогічного експерименту ввійшли спортсмени з напруженістю механізмів адаптації до фізичного навантаження, які не мали протипоказань за станом здоров'я, та потребували застосування новітніх засобів відновлення запропонованих організаторами навчально-тренувальних зборів. Тривалість застосування відповідної відновлювальної процедури складала 3 рази за весь період навчально-тренувального збору, який тривав 14 днів. Тестування психічного стану футболістів збірної України з футболу серед спортсменів з порушенням зору за методикою «САН» проводилося з метою оцінки ефективності застосування засобів кріотерапії у навчально-тренувальному процесі [2].

Результати дослідження та їх обговорення. Основні положення застосування медико-біологічних та фізіотерапевтичних, педагогічних засобів відновлення викладаються у ряді робіт [7, 3]. За даними науковців І.М.

Скрипки, М. Б. Чхайло, І. М. Кравченко, В. В. Гладова, В. О. Лапицького [7] підготовка спортсмена паралімпійця це - процес успіх якого зал ежить від реалізації багатьох завдань (фізичної, технічної, тактичної, психологічної, теоретичної та змагальної підготовки спортсменів), а їх реалізація залежить від уміння тренера застосовувати певні засоби і методи у залежності від контингенту спортсменів і умов, у яких проводиться тренування. У сучасній системі підготовки футболістів з різними порушеннями: зору, слуху широко використовуються фізіотерапевтичні (фізичні) засоби відновлення і підвищення працездатності до яких входить кріотерапія.

Для регулювання м'язового тону та релаксації м'язів

футболістів з порушенням зору використовували один із методів фізичної терапії – кріотерапію. Процедури в кріосауні тривали дві-три хвилини, однак викликали у спортсменів швидку позитивну реакцію, а результат спостерігався вже за 5-10 хвилин і тривав не менше 6 годин. Після процедури футболісти збірної України з футзалу серед спортсменів з порушенням зору відчували покращення психоемоційного стану, а також зменшення больових відчуттів в місцях травмування.

Методика дослідження суб'єктивного стану «САН» застосовувалась для якісної оцінки суб'єктивного стану спортсменів, які відвідували кріосауну (табл. 1).

Таблиця 1. Зміни психічного стану футболістів протягом навчально-тренувального збору за методикою САН

Якість	Первинний стан, %	Загальна сума балів до експерименту	Після застосування кріотерапії, %	Загальна сума балів після експерименту
Самопочуття	4,3	43	4,7	54
Активність	3,2	30	6,2	62
Настрій	4,3	43	5,8	58
Всього, середній бал.		3,9		5,8
Загальний приріст, %			1,9	

Можна відзначити загальну тенденцію до зниження самооцінки за всіма критеріями у спортсменів на початку навчально-тренувального збору, у зв'язку з їх напруженим графіком тренувань. Натомість після застосування фізіотерапевтичної процедури (кріосауна) спостерігається покращення даних, що оцінювались. Загальна ефективність розробленої програми щодо самопочуття, активності та настрою визначена на рівні +1,9 %. Слід також зауважити, що після відвідування кріосауни покращення власної оцінки самопочуття зазначили всі спортсмени. Результати у графічному вигляді змін психічного стану спортсменів протягом навчально-тренувального збору за методикою САН подані на рис. 1.

Отже, аналізуючи результати, представлені на рисунку 1, можна зробити висновок про позитивний вплив фізіотерапевтичних засобів у тренувальному процесі спортсменів підтвердження цього є покращення всіх показників за всіма критеріями методики САН. З метою вивчення впливу засобів кріотерапії на фізичний стан футболістів також було проаналізовано їх показники центральної гемодинаміки. Аналіз отриманих даних педагогічного експерименту (констатувального) підтвердив порушення вегетативної регуляції серед спортсменів з порушенням зору, так після тренувального заняття всі показники діяльності серцево-судинної системи мали

достовірну різницю відносно до їх вихідного рівня (табл.1). Характер та тривалість відновлення спортсменів після навантаження має суттєвий вплив на їх результати в змагальній та тренувальній діяльності, що підтверджує необхідність застосування засобів і методів фізичної терапії в період навчально-тренувальних зборів.

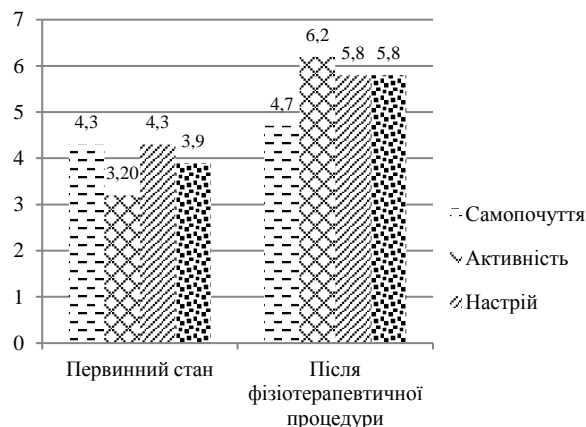


Рис. 1. Показники психічного стану футболістів з порушенням зору за методикою САН на початку та в кінці навчально-тренувального збору

Таблиця 2. Зміна показників центральної гемодинаміки (M±m) у футболістів в період навчально-тренувального збору

Показники	На початку навчально-тренувального збору		В кінці початку навчально-тренувального збору	
	На початку тренувального заняття (в стані спокою)	Після тренувального заняття	На початку тренувального заняття (в стані спокою)	Після тренувального заняття
ЧСС, уд/хв	64,32±2,61	74,28±1,53 ***	62,32±0,76	64,71±1,10
САТ, мм.рт.ст	114,45±1,11	125,21±1,28 ***	113,35±0,99	119,51±1,29
ДАТ, мм.рт.ст	65,55±1,51	70,21±1,23	63,33±0,89	64,11±0,68
ПАТ, мм.рт.ст	56,53±0,92	59,30±0,34 ***	54,43±0,98	54,85±1,12
УОК, мл	84,5±1,61	87,32±0,29	82,80±0,13	82,62±0,94
ХОК, л/хв	5,56±0,28	6,65±0,49 ***	5,34±0,87	5,47±0,85

Примітки: *** - p<0,001 при порівнянні показників в стані спокою та після тренування.

Аналіз характеру зміни функціональної готовності футболістів збірної України з футзалу серед спортсменів

з порушенням зору (формульний експеримент) за результатами таблиці 1 видно, що використання кріосауни

уни в тренувальному процесі стали модулятором активності адаптивних і регуляторних систем організму, про що свідчать зміни повторно отриманих показників центральної гемодинаміки

У футболістів в стані спокою досліджувані показники центральної гемодинаміки на початку та на закінчення навчально-тренувального збору суттєво не відрізнялись. Однак відзначено до початку застосування засобів кріотерапії у спортсменів показника ЧСС після тренування в стані спокою дорівнював 74,2, а після застосування засобів фізичної терапії показник зменшився на 12,9 %, зменшення систолічного артеріального тиску (САТ) на 4,5%, діастолічний тиск (ДАТ) – на 8,7% відповідно. Також визначено зміни в ударному об'ємі крові - на 4,7 мл, хвилинному об'ємі крові - на 1,2 л/хв. така реакція з боку серцево-судинної системи свідчить про застосування адекватних засобів відновлення футболістів збір-

ної України з футзалу серед спортсменів з порушенням зору.

Висновки. Встановлено, що кріотерапія для футболістів збірної України з футзалу серед спортсменів з порушенням зору сприяє нормалізації функціонального стану серцево-судинної систем за рахунок глибокої стимуляції судин (спазм) з подальшим їх розширенням, а також збільшення їх функціональних резервів та активізації компенсаторно-приспосувальних механізмів довготривалої адаптації. В результаті використання кріотерапії біологічні тканини та шкіряні покриви насичуються амінокислотами і мікроелементами, необхідними для нормалізації їх функціонування.

Перспективи подальших досліджень передбачають визначення особливостей методики розвитку швидкісно-силових якостей футболістів збірної України з футзалу серед спортсменів з порушенням зору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аралова Н. І. Інформаційні засоби для оптимізації процесу відновлення організму спортсменів. / Н. І. Аралова // Спортивна медицина і фізична реабілітація. - 2017. - № 1. - С. 88-96
2. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Мирошников М.П., Шарай В.Б. Вопросы психологии : девятнадцатый год издания. Ред. А.А. Смирнов, О.А. Конопкин. 1973. №6 ноябрь-декабрь. - 1973. – с. 141-146.
3. Кіндзер Б. М. Відновлення показників діяльності серцево-судинної системи спортсменів-каратистів засобами Ката в процесі змагальної діяльності / Кіндзер Б. М., Бережанський В. О. // Фізична культура, спорт та здоров'я : XV Міжнар. наук.-практ. конф. Харків, 10–11 грудня 2015 р. – Харків. - 2015. - С. 33-35.
4. Одинець Т. С. Засоби відновлення функціонального стану серцево-судинної системи кваліфікованих баскетболісток / Т. С. Одинець, Ю. А. Бріскін // Український журнал медицини, біології та спорту. - 2017. - № 6(9). - С. 42-46. Режим доступу:

REFERENCES

1. Aralova N. I. Informatsiyni zasoby dlya optymizatsiyi protsesu vidnovlennya orhanizmu sport-smeniv. / N. I. Aralova // Sportyvna medytsyna i fizychna reabilitatsiya. -2017. №1. -S.88-96.
2. Doskyn V.A., Lavrent'eva N.A., Myroshnykov M.P., Sharay V.B. Voprosy psykholohyy : devyatnadsatyy hod yzdannya. Red. A.A. Smyrnov, O.A. Konopkyn. 1973. №6 noyabr'-dekabr' 1973. – S. 141-146.
3. Kindzer B. M. Vidnovlennya pokaznykiv diyal'nosti sertsevo-sudynnoyi systemy sport-smeniv-karatystiv zasobamy Kata v protsesi zmahal'noyi diyal'nosti / Kindzer B. M., Berezhans'ky V. O. // Fizychna kul'tura, sport ta zdorov'ya : XV Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Kharkiv, 10–11 hrudnya 2015 r. - Kharkiv, 2015. - S. 33-35.
4. Odynets' T. YE. Zasoby vidnovlennya funktsional'noho stanu sertsevo-sudynnoyi systemy kvalifikovanykh basketbolistok / T. YE. Odynets', YU. A. Briskin // Ukrayins'kyy zhurnal medytsyny, biolohiyi ta sportu. - 2017. - № 6(9). - S. 42-46. Rezhym dostupu:

Rehabilitation tools in the training of football players of the national futsal team of Ukraine among visually impaired athletes S. V. Savchenko, I. M. Skripka, M. B. Chkhailo, I. M. Kravchenko, V. V. Gladov

Abstract. The article confirms the need to use physical therapy to update the sports practice of development of Ukrainian national futsal players among athletes with a violation of the zone and thus improve their functional performance and psychological condition. The popularity and relevance of the use of the latest technology to restore the ability of visually impaired football players, such as - cryosauna, has been confirmed. It is established that the training of a Paralympic athlete is a process of successful development due to the implementation of many tasks: physical, technical, tactical, psychological, theoretical and competitive training of athletes. The positive effect of the use of physiotherapeutic agents in the training process of athletes is proved, which is confirmed by the improvement of all indicators on all criteria of diagnostic methods of self-defense, activity and mood and positive changes in the central hemodynamics of football players.

Keywords. recovery, visually impaired players, cryosauna, psycho-emotional state.

TECHNICAL SCIENCES

Мінімізація залишкової швидкісної похибки гірокомпасу з автономним управлінням чутливого елемента

М. С. Алексейчук, П. О. Чапчай, В. В. Степаненко

Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, Україна
Corresponding author. E-mail: burmaka1964@gmail.com

Paper received 28.04.21; Accepted for publication 16.05.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-05>

Анотація. В роботі отримано аналітичний вираз для розрахунку максимального значення некомпенсованої швидкісної похибки гірокомпасу. Розраховано значення некомпенсованої швидкісної похибки гірокомпасу в залежності від різниці між поточною і введеною в коректор широтами, які представлено в табличному вигляді. Представлено графічні залежності різниці між поточною і введеною в коректор широтами від поточної широти для швидкості судна від 15 до 30 вузлів з метою визначення діапазонів широт, в яких коректор не потребує оновлення широти.

Ключові слова: точність судноводіння, гірокомпас, компенсація швидкісної похибки, залишкова швидкісна похибка.

Вступ. Навігаційна безпека судноводіння в значній мірі залежить від похибок навігаційних вимірювань, а також від експлуатаційної надійності датчиків навігаційної інформації.

На навігаційну безпеку впливають характеристики точності визначення курсу. Так як в якості базового приладу, що визначає курс судна, використовується гіроскопічний компас, то до величин його похибок наголошуються вимоги, які забезпечують необхідну точність визначення азимутальних напрямків. В разі руху судна по сферичній поверхні Землі виникають додаткові кутові швидкості, які являються причиною виникнення швидкісної похибки. Її компенсація передбачена відповідним коректором, в який необхідно вводити параметри руху судна і його широту. Несвоєчасне введення широти судна в коректор веде до появи залишкової некомпенсованої швидкісної похибки, що погіршує точність гірокомпасу.

Тому розробка способу мінімізації залишкової швидкісної похибки гірокомпасу, чому присвячена дана стаття, являється актуальним і перспективним напрямком.

Короткий огляд публікацій по темі. В роботі [1] приведено інформацію про класичні і сучасні компаси іноземних фірм, розглянуто особливості їх конструкції та методичні похибки, принцип роботи і конструкція оптико-волоконних і супутникових компасів.

Похибки технічних засобів судноводіння, що виникають в різних умовах експлуатації, і їх вплив на безпеку мореплавання досліджені в роботі [2]. Теорія і практика морських навігаційних приладів викладена в роботі [3], детально розглянуто похибки приладів і методи їх компенсації.

Сучасним морським системам визначення курсу присвячена робота [4], показано, що вони можуть бути позиційними та аналітичними. Особливу увагу приділено принципам роботи аналітичним безплатформним оптико-волоконним та супутниковим компасам. Детальні відомості відносно конструкції морської навігаційної техніки закордонного виробництва представлені в роботі [5], а в роботі [6] розглянуто інтегровані системи ходового містку, які в своєму складі містять навігаційні прилади, що використовую-

ються в якості датчиків навігаційної інформації.

Мета. Метою даної публікації являється розробка процедури мінімізації залишкової швидкісної похибки гірокомпасу з автономним управлінням чутливого елемента.

Матеріали і методи. Сучасним гірокомпасам з автономним управлінням чутливого елемента притаманні методичні похибки, до яких відносяться швидкісна, інерційна похибки та похибка від хитами судна. Зниження похибки від хитами судна досягається конструктивними мірами: до складу чутливого елемента входять два гіроскопи, які забезпечують його горизонтальну стабілізацію, завдяки чому похибка від хитами судна знижується до незначних розмірів і нею можна знехтувати. Для більшості гірокомпасів даного типу існують рекомендації судноводіям для врахування інерційної похибки, яка виникає через маневрування судна.

Для компенсації швидкісної похибки δ_v використовується відповідний коректор, який розраховує її величину за формулою [1]:

$$\delta_v = -\frac{V \cos GKK}{900 \cos \varphi_t},$$

де V - швидкість судна;

GKK - гірокомпасний курс судна;

φ_t - поточне значення широти плавання.

Розраховане значення швидкісної похибки δ_v коректором виключається із показань гірокомпасу.

Компенсація швидкісної похибки гірокомпасу потребує введення широти в коректор, яке може здійснюватися дискретно при зміні широти плавання судна на деяку величину. При цьому виникає питання про допустиму різницю між введеним і дійсним значеннями широти, чим визначається періодичність введення широти плавання судна в коректор.

Розглянемо це питання більш детально.

Результати і їх обговорення. Припустимо, поточне значення широти плавання судна становить φ_t , а в коректор введена широта φ_v . В цьому випадку дійсне

значення швидкісної похибки δ_{vt} визначається виразом:

$$\delta_{vt} = -\frac{V \cos \Gamma KK}{900 \cos \varphi_t},$$

а коректор виключатиме швидкісну похибку δ_{vy} , величина якої визначається формулою: $\delta_{vy} = -\frac{V \cos \Gamma KK}{900 \cos \varphi_y}$.

Якщо поточне φ_t і введене φ_y значення широти не співпадають, то виникає некомпенсована похибка $\Delta\delta_v$ рівна різниці швидкісних похибок δ_{vt} і δ_{vy} , тобто: $\Delta\delta_v = \delta_{vt} - \delta_{vy}$,

або з урахуванням одержаних формул для δ_{vt} і δ_{vy} одержимо наступний вираз:

$$\Delta\delta_v = -\frac{V \cos \Gamma KK}{900} \left(\frac{1}{\cos \varphi_t} - \frac{1}{\cos \varphi_y} \right) = 57,3^\circ q \left[\frac{1}{\cos \varphi_t} - \frac{1}{\cos(\varphi_t + \Delta\varphi)} \right], \quad (1)$$

де $q = -\frac{V \cos \Gamma KK}{900}$, $\Delta\varphi$ - різниця між поточною φ_t і введеною в коректор φ_y широтою.

Максимальне значення некомпенсованої похибки $\Delta\delta_{vm}$ досягається на $\Gamma KK=0$, з урахуванням цього запишемо формулу (1) у вигляді:

$$\Delta\delta_{vm} = q^* \left[\frac{1}{\cos \varphi_t} - \frac{1}{\cos(\varphi_t + \Delta\varphi)} \right], \quad (2)$$

$$\text{де } q^* = -\frac{57,3V}{900}.$$

Аналіз формули (2) показує, що залишкова похибка $\Delta\delta_{vm}$ є функцією аргументів V , φ_t і $\Delta\varphi$.

Розглянемо залежність $\Delta\delta_{vm}$ від φ_t і $\Delta\varphi$ при фіксованому значенні V , наприклад 20 вузлів. В цьому випадку $q^* = -1,273^\circ$, тому формулу (2) можна записати в наступному вигляді:

$$\Delta\delta_{vm} = -1,273 \left[\frac{\cos(\varphi_t + \Delta\varphi) - \cos \varphi_t}{\cos \varphi_t \cos(\varphi_t + \Delta\varphi)} \right]. \quad (3)$$

Приймаючи значення $\Delta\varphi \in (-15, 15)$ через 5° , для широт φ_t із значеннями $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ і 70° по формулі (3) розраховували залежність $\Delta\delta_{vm} = f(\varphi_t, \Delta\varphi)$.

Результати розрахунків для широт, рівних 0° і 15° приведені на рис. 1, а в табл. 1 приведено значення залишкової похибки $\Delta\delta_{vm}$ для зазначених широт від 0° до 70° .

Таблиця 1. Значення $\Delta\delta_{vm}$ для широт від 0° до 70°

$\Delta\varphi^\circ$	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	12	15
$\Delta\delta_0$	0,045	0,028	0,016	0,07	0,02	0	0,02	0,07	0,016	0,028	0,05
$\Delta\delta_{15}$	0,045	0,043	0,038	0,03	0,016	0	0,021	0,05	0,076	0,111	0,15
$\Delta\delta_{30}$	0,15	0,13	0,11	0,08	0,04	0	0,05	0,1	0,17	0,24	0,33
$\Delta\delta_{45}$	0,33	0,28	0,23	0,16	0,09	0	0,10	0,22	0,37	0,54	0,75
$\Delta\delta_{60}$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2	0	0,4	0,7	1,2	1,5	2,3
$\Delta\delta_{70}$	1,5	1,3	1,1	0,8	0,5	0	0,9	1,9	3,6	6,7	10,9

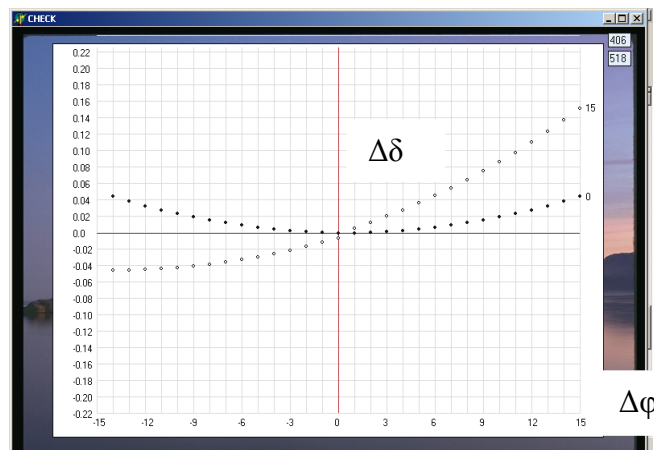


Рис. 1. Залежність $\Delta\delta_{vm} = f(\varphi_t, \Delta\varphi)$ для широт 0° і 15°

Похибка від неточності введення широти в коректор $\Delta\delta_{vm}$ повинна мати значення, яке не перевершує $0^\circ,3$ ($0^\circ,2$ при передачі курсу на репітери і $0^\circ,1$ при пеленгуванні орієнтиру). Аналізуючи результати розрахунків, можна зробити висновок, що при широтах, що не перевершують 30° , похибка $\Delta\delta_{vm} \leq 0^\circ,3$ при введенні широти $\Delta\varphi \leq 15^\circ$. При $\varphi_t=45^\circ$ значення $\Delta\delta_{vm} \leq 0^\circ,3$, якщо $\Delta\varphi \leq 9^\circ$, у випадку $\varphi_t=60^\circ$ величина $\Delta\delta_{vm} \leq 0^\circ,3$ при $\Delta\varphi \leq 3^\circ$ і для широти $\varphi_t=70^\circ$ похибка $\Delta\delta_{vm} \leq 0^\circ,3$ при $\Delta\varphi \leq 1^\circ$.

Таким чином, при швидкості судна до 20 вузлів в діапазоні широт $0-30^\circ$ введення широти в коректор проводиться, коли $\Delta\varphi = 15^\circ$, в діапазоні широт $30-45^\circ$ $\Delta\varphi = 9^\circ$, в діапазоні широт $45-60^\circ$ $\Delta\varphi = 3^\circ$ і в діапазоні широт $60-70^\circ$ $\Delta\varphi = 1^\circ$ неточності введення широти в коректор $\Delta\delta_{vm}$ не перевершує $0^\circ,3$. Для цього скористаємося формулою (2), з якої виходить:

$$\frac{\Delta\delta_{vm}}{q^*} = \frac{1}{\cos \varphi_t} - \frac{1}{\cos(\varphi_t + \Delta\varphi)}.$$

Покажемо можливість вибору значення $\Delta\varphi$ для будь-якої широти за умови, що похибку від

Знайдемо з даної формули вираз для величини $\Delta\varphi$, враховуючи, що:

$$\frac{1}{\cos(\varphi_t + \Delta\varphi)} = \frac{1}{\cos \varphi_t} - \frac{\Delta\delta_{vm}}{q^*} = \frac{q^* - \Delta\delta_{vm} \cos \varphi_t}{q^* \cos \varphi_t}.$$

З останнього виразу виходить:

$$\cos(\varphi_t + \Delta\varphi) = \frac{q^* \cos \varphi_t}{q^* - \Delta\delta_{vm} \cos \varphi_t}.$$

Отже, справедлива рівність:

$$\varphi_t + \Delta\varphi = \text{Arccos}\left(\frac{q^* \cos \varphi_t}{q^* - \Delta\delta_{vm} \cos \varphi_t}\right),$$

або одержуємо рівняння для розрахунку $\Delta\varphi$:

$$\Delta\varphi = \text{Arccos}\left(\frac{q^* \cos \varphi_t}{q^* - \Delta\delta_{vm} \cos \varphi_t}\right) - \varphi_t.$$

Оскільки $\Delta\delta_{vm} = 0^\circ,3$, то остаточно одержимо:

$$\Delta\varphi = \text{Arccos}\left(\frac{q^* \cos \varphi_t}{q^* - 0^\circ,3 \cos \varphi_t}\right) - \varphi_t.$$

За допомогою даного виразу проводився розрахунок залежності $\Delta\varphi$ від φ_t для різних значень швидкості судна: 15, 20, 25 і 30 вузлів. На рис. 2 показана залежність допустимої різниці широт $\Delta\varphi$ від поточної широти для швидкості судна 30 вузлів. Для інших швидкостей судна залежність $\Delta\varphi$ від φ_t показана на рис. 3 – рис. 5.

Аналіз рис. 2 показує, що із зростанням широти значення $\Delta\varphi$ убуває від 30 до $0,1^\circ$ у діапазоні широт $0-85^\circ$. За допомогою одержаної залежності можна визначити широти, в яких необхідно ввести нове значення широти в коректор. Звертаємо увагу, що похибку введення $\Delta\delta_{vm}$ не перевершуватиме допустимого значення $0,3^\circ$, якщо поточна широта φ_t належить інтервалу $[\varphi_i, \varphi_{i+1}]$, межі якого задовольняє нерівності $(\varphi_{i+1} - \varphi_i) \leq \Delta\varphi_{i+1}$, де значення, φ_i , φ_{i+1} і $\Delta\varphi_{i+1}$ вибираються з одержаних графічних залежностей.

Наприклад, для швидкості судна 20 вузлів (рис. 4) за даним принципом одержані наступні діапазони широт, при знаходженні поточної широти в яких корекція широти в настільному коректорі не потрібна. Одержані наступні діапазони широти: $[\varphi_1 = 0, \varphi_2 = 20]$; $[\varphi_2 = 20, \varphi_3 = 33]$;

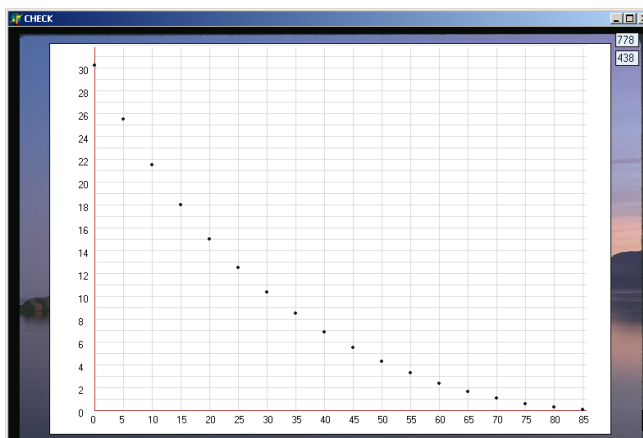


Рис. 2. Залежність $\Delta\varphi$ від широти φ_t для швидкості 30 вузлів

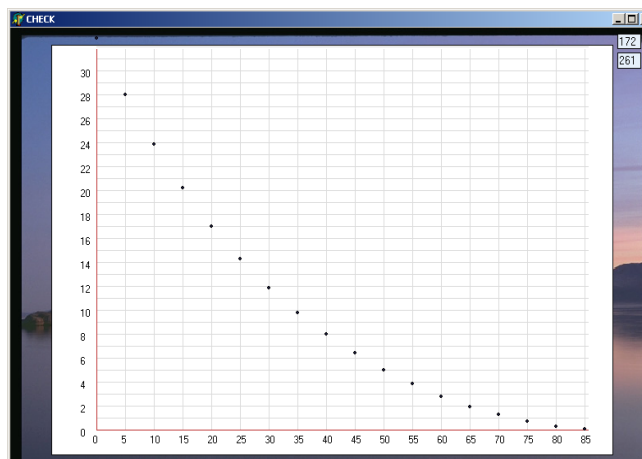


Рис. 3. Залежність $\Delta\varphi$ від широти φ_t для швидкості 25 вузлів

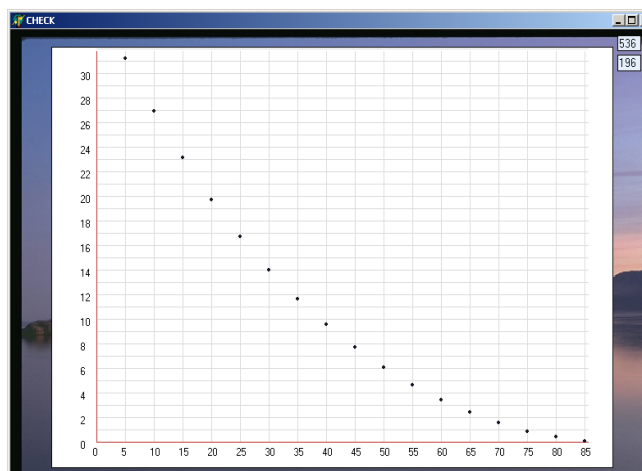


Рис. 4. Залежність $\Delta\varphi$ від широти φ_t для швидкості 20 вузлів

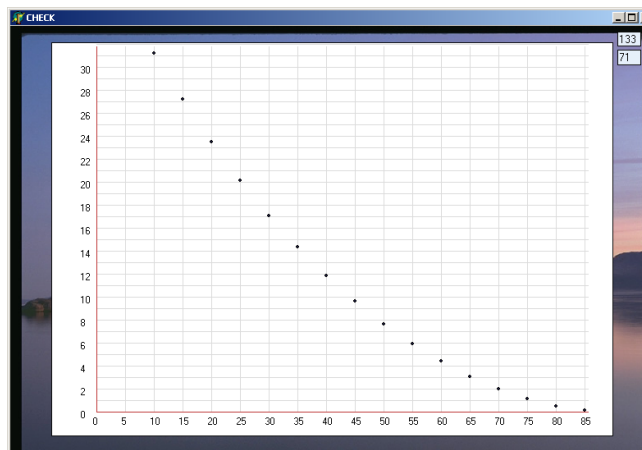


Рис. 5. Залежність $\Delta\varphi$ від широти φ_t для швидкості 15 вузлів

$[\varphi_3 = 33, \varphi_4 = 40]$; $[\varphi_4 = 40, \varphi_5 = 47]$;
 $[\varphi_5 = 47, \varphi_6 = 52]$; $[\varphi_6 = 52, \varphi_7 = 56]$; $[\varphi_7 = 56, \varphi_8 = 60]$;
 $[\varphi_8 = 60, \varphi_9 = 63]$; $[\varphi_9 = 63, \varphi_{10} = 65]$. Надалі із зростанням широти її введення в настільний коректор проводиться при зміні на 1° . Аналогічно знаходяться діапазони широти для інших швидкостей, використовуючи графіки рис. 3 – рис. 5.

Висновки

1. Отримано аналітичний вираз для розрахунку максимального значення некомпенсованої швидкісної похибки гірокомпасу.
2. Розраховано значення некомпенсованої швидкісної похибки гірокомпасу в залежності від різниці між поточною і введеною в коректор широтами, які

представлено в табличному вигляді.

3. Представлено графічні залежності різниці між поточною і введеною в коректор широтами від поточної широти для швидкості судна від 15 до 30 вузлів з метою визначення діапазонів широт, в яких коректор не потребує оновлення широти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения. / Смирнов Е.Л. - М.: Транспорт, 2002. – 646 с.
2. Чапчай П.А. Технические средства судовождения/ Чапчай П.А. – Одесса : НУ «ОМА», 2019.-298 с.
3. Чапчай П.А. Электронавигационные приборы/ Чапчай П.А. – Одесса : ОНМА, 2012.-161 с.
4. Чапчай П.А. Современные морские системы курсоуказания/ П.А. Чапчай, Е.П. Чапчай, М.С. Алексейчук.– Одесса : ОНМА, 2014.- 171 с.
5. Морская навигационная техника. Справочник. Под общ. ред. Е.Л. Смирнова. — СПб.: “Элмор”, 2002. — 224 с.
6. Вагушенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика./ Вагушенко Л.Л.– Одесса: Латстар, 2003. – 169 с.

REFERENCES

1. Smirnov E. Hard wares of navigation. / Smirnov E. - M.: Transport, 2002. – 646 p.
2. Chapchay P. Hard wares of navigation / Chapchay P.– Odessa: NU «OMA», 2019.-298 p.
3. Chapchay P. Electro-navigation devices./ Chapchay P. – Odessa: ONMA, 2012.-161 p.
4. Chapchay P. Modern marine systems determinations of course./ Chapchay P., Chapchay E., Alekseychuk M.– Odessa: ONMA, 2014.- 171 p.
5. Smirnov E. Marine navigation technique. Reference book. / Smirnov E.— SPb.: “Elmor”, 2002. — 224 p.
6. Vagushchenko L. Integrated systems of vessel's bridge./ Vagushchenko L. – Odessa: Latstar, 2003. – 169 p.

Minimization of residual speed error to the gyro-compass with the autonomous management of sensible element M. Alekseychuk, P. Chapchay, V. Stepanenko

In work analytical expression for the calculation of maximal value of the uncompensated speed error is got to the gyro-compass. The value of the uncompensated speed error is expected to the gyro-compass depending on a difference between current one and entered in proof-reader by latitude, which are represented in a tabular kind. Graphic dependences of difference are represented between current and entered in proof-reader by latitude from a current latitude for speed of ship from 15 to 30 knots with the purpose of determination of ranges of latitudes, in which a proof-reader does not need update of latitude.

Keywords: exactness of navigation, gyro-compass, indemnification of speed error, residual speed error.

Бікомплексний аналіз перетворювальних пристроїв для автономних об'єктів відновлюваної енергетики

Н. В. Беленок

Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна
 *Corresponding author. E-mail: nv_kpi@ukr.net

Paper received 19.07.21; Accepted for publication 02.08.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-06>

Анотація. У статті розглядається застосування бікомплексного обчислення при розрахунку перетворювальних пристроїв з багаторазовою модуляцією для використання у автономних об'єктах відновлюваної енергетики. Запропоноване формулювання завдань у гіперкомплексному поданні дозволило здійснити стиснення оброблюваної інформації. Метод бікомплексного представлення передбачає пряме та зворотнє бікомплексне перетворення, яке дозволяє отримати аналітично повне рішення щодо аналізу системи з багатократною модуляцією.

Ключові слова: гіперкомплексні числові системи, бікомплексне обчислення, комутаційна функція, перетворювальні пристрої з багаторазовою модуляцією, відновлювальні джерела енергії.

Вступ. Сучасні системи електропостачання (СЕП) автономних об'єктів на основі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) є нелінійними та багатозв'язковими системами, в яких мають місце складні перехідні процеси та можливе виникнення критичних і хаотичних режимів.

Вивчення структур гіперчислових систем (ГЧС), їх особливостей, методів обчислення та апроксимації елементарних функцій гіперкомплексної змінної дає можливість застосування таких систем для аналізу та розрахунку параметрів перетворювальних пристроїв з багатократною модуляцією при використанні у автономних об'єктах (АО) відновлюваної енергетики. У деяких випадках застосування ГЧС дає змогу замінити вихідну задачу еквівалентною, тобто побудувати квазіаналогову модель розв'язку [1-7].

Для ефективного моделювання розв'язку задач, що стосуються перетворювальних пристроїв для використання у відновлюваних джерелах енергії (ВДЕ), у гіперкомплексній числовій системі необхідно знати дійсний вигляд функцій у цій системі, тобто вигляд складових функцій гіперкомплексної змінної.

Короткий огляд публікацій по темі. На сьогодні відома достатньо велика кількість робіт, присвячених розробці та використанню відновлюваних джерел енергії. Слід відзначити роботи Шидловського А.К., Кириленко О.В., Пивняка Г.Г., Кудрі С.О., Резцова В.Ф., Васько П.Ф., Гаєвського О.Ю., Головка В.М., Бекірова Є.А., Мхітаряна Н.М., Бьюб Р., Твайделла Д., Фаренбруха А.

Мета дослідження полягає у розвитку теорії бікомплексного перетворення для перетворювальних пристроїв із багаторазовою модуляцією при використанні у автономних об'єктах відновлюваної енергетики.

Матеріали та методи. Стаття ґрунтується на публікаціях, де розглянуті гіперкомплексні системи числення, в тому числі бікомплексне перетворення. Застосовуються методи аналізу та розрахунку вихідного сигналу.

Виклад основного матеріалу. Алгоритми координатно-параметричного керування в інваріантних перетворювальних системах спричинили серйозні труднощі при аналізі нестационарних процесів у пристроях із багаторазовою модуляцією, що працюють з ВДЕ. З

метою вирішення даного завдання, у якості математичного апарату доцільно використовувати гіперкомплексні системи числення. В даному випадку вибір ГЧС зводиться до бікомплексних чисел, за аналогією з класичним комплексним числом, яке має алгебраїчну конструкцію вигляду

$$z = x_1 + ix_2 + jx_3 + kx_4 = \sum_{m=1}^4 e_m x_m \quad (1)$$

де $(x_1, x_2, x_3, x_4)^T \in R^4$ – точка евклідового простору. У табл.1 наведено множення Келі базисних елементів цієї групи.

Табл. 1.

$e_m \backslash e_n$	1	i	j	k
1	1	i	j	k
i	i	-1	k	$-j$
j	j	k	-1	$-i$
k	k	$-j$	$-i$	1

Координати точки вихідного евклідового простору, тобто дійсні множники при 1, i, j, k , назовемо "компонентами" бікомплексу. Отже, прийнята у визначенні таблиця відрізняється від відповідної таблиці для кватерніонів (гіперкомплексних чисел) тим, що у цьому випадку множення комутативне.

Значимо, що i_1, i_2 – уявні одиниці, для яких $i_1^2 = i_2^2 = -1$, однак $i_1 \neq \pm i_2$, а $i_3 = i_1 \cdot i_2$, причому $i_3^2 = 1$, $i_3 \neq \pm 1$. Бікомплексні числа можуть бути отримані комутативним подвоєнням поля комплексних чисел комплексними числами.

Користуючись алгеброю бікомплексного перетворення, розглянемо додаток ГЧС до дослідження перетворювальних пристроїв із багатократною модуляцією для АО ВДЕ.

З точки зору виконання умов інваріантності, доведено, що єдиним варіантом створення структурно-інваріантної перетворювальної системи є послідовне з'єднання модулятора та демодулятора у силовому тракту. Система на основі інформації про вхідну, вихідну напругу та збурюючі впливи, формує комутаційну функцію $\bar{Q}(t)$. Для отримання комутаційної функції $\bar{Q}(t)$ скористаємося формулою Ейлера та приведемо тригонометричний ряд Фур'є до комплексної форми $\bar{Q}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} C_{(2k-1)} \cdot e^{j(2k-1)\omega t} / \sum_{n=1}^{\infty} C_{(2n-1)} \cdot e^{i(2n-1)\omega t}$ (2) де i, j – різні уявні одиниці, що відповідають різним

частотам Ω і ω . Таким чином, комутаційна функція в загальному вигляді може бути представлена добутком двох різних за частотою функцій:

$$\bar{Q}(t) = a(\omega t) \cdot b(\Omega t) \quad (3)$$

Здійснивши комплексне перетворення для складових функцій виразу (3), одержимо

$$\left. \begin{aligned} a(t) &\doteq \hat{A}_k = a_m \cos \alpha_m + i a_m \sin \alpha_m \\ b(t) &\doteq \hat{B}_k = b_k \cos \beta_k + j b_k \sin \beta_k, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де m, k – номери гармоніки для ω і Ω ; i, j – різні уявні одиниці, що відповідають різним частотам ω і Ω ;

$$\left. \begin{aligned} a_m \sin \alpha_m &= \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi} a(t) \cos m \omega t dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} a(\varphi/\omega) \cos m \varphi d\varphi; \\ a_m \cos \alpha_m &= \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi} a(t) \sin m \omega t dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} a(\varphi/\omega) \sin m \varphi d\varphi; \\ b_k \sin \beta_k &= \frac{\Omega}{\pi} \int_0^{2\pi} b(t) \cos \Omega t dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} b(\lambda/\Omega) \cos k \lambda d\lambda; \\ b_k \cos \beta_k &= \frac{\Omega}{\pi} \int_0^{2\pi} b(t) \sin \Omega t dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} b(\lambda/\Omega) \sin k \lambda d\lambda, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

при чому $\varphi = \omega t, \lambda = \Omega t$.

Підставивши вирази (5) в (4), після перемноження \hat{A}_k та \hat{B}_k з урахуванням формули Ейлера одержимо інтегральне перетворення, яке назовемо бікомплексним перетворенням:

$$Q_{mk} = \hat{A}_m \hat{B}_k = \frac{1}{\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} a(\varphi/\omega) \times b(\lambda/\Omega) e^{-im\varphi} e^{-jk\lambda} d\varphi d\lambda \quad (6)$$

Отримане перетворення є прямим бікомплексним перетворенням.

Обернене бікомплексне перетворення введемо таким чином:

$$Q(t) = Q(\varphi/\omega, \lambda/\Omega) = \frac{1}{4ij} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \hat{Q}_{mk} e^{im\varphi} e^{jk\lambda} \quad (7)$$

З урахуванням виразу (6) отримаємо повне бікомплексне перетворення в інтегральній формі:

$$Q(t) = \frac{1}{4\pi^2} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{im\varphi + jk\lambda} \cdot \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} a(\varphi/\omega) \times b(\lambda/\Omega) e^{-im\varphi} e^{-jk\lambda} d\varphi d\lambda \quad (8)$$

Бікомплексне перетворення позначимо оператором $\Gamma_{m,k}[Q(t)] = \hat{Q}_{mk}$ або $\hat{Q}_{mk} \doteq Q(t)$, тобто вводимо поняття оригіналу й зображення бікомплексної функції.

Зазначимо, що з урахуванням викладеного, відоме комплексне перетворення є частковим випадком бікомплексного, оскільки при постійних $a(t)$ або $b(t)$, коли $m = 0$ або $k = 0$, введені інтегральні перетворення (6) – (8) стають рівними з точністю до постійних співмножників $2i$ або $2j$ відомим виразам комплексного перетворення періодичних функцій [1].

Користуючись основними правилами алгебри бікомплексного перетворення та бікомплексними зображеннями векторних функцій, зображення $C e^{i\alpha} e^{j\beta}$ назовемо бікомплексною амплітудою гіпергармонічної функції $C \sin(\omega t + \alpha) \sin(\Omega t + \beta)$, а величину $i\omega + j\Omega = \omega_0$ – бікомплексною узагальненою частотою. Роль цих величин при дослідженні систем з багатократною модуляцією аналогічна ролі комплексних амплітуди й частоти при розрахунку електричних кіл з гармонічними напругами й струмами однієї частоти.

Аналогічні поняття вводяться й для m, k – гіпергармонічної складової функції $Q(t)$.

Геометричну інтерпретацію гіпергармонічної функції можна ввести вектором \bar{C} , що обертається з кутовою швидкістю Ω у системі координат X_1OY_1 , яка у свою чергу обертається з кутовою швидкістю ω у нерухомій системі координат XOY (рис. 1), звідки випливає, що проекція

$\text{mod}[\bar{C}_4]$ на вісь OX проекції $\text{mod}[\bar{C}_3 + \bar{C}_4]$ вектора \bar{C} на вісь OY_1 дорівнює $C \sin(\omega t + \alpha) \cdot \sin(\Omega t + \beta)$.

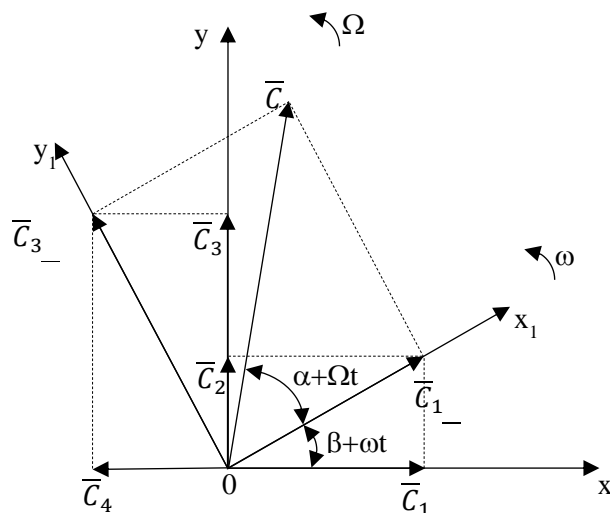


Рис.1. Розглянуту площину можна вважати бікомплексною, якщо покласти, що осі OX й OY відповідають дійсній (i_1) і уявній (i_2) осям площини XOY і дійсній (i_3) і уявній (i_4) осям площини X_1OY_1 . Тоді вектор \bar{C} відповідає бікомплексній функції

$$\begin{aligned} \dot{C}(t) &= C \cdot e^{i(\omega t + \alpha)} e^{j(\Omega t + \beta)} = C \cos(\omega t + \alpha) \cdot \cos(\Omega t + \beta) + \\ &+ i_1 C \cos(\omega t + \alpha) \sin(\Omega t + \beta) + i_2 C \sin(\omega t + \alpha) \cos(\Omega t + \beta) + \\ &+ i_3 C \sin(\omega t + \alpha) \sin(\Omega t + \beta) = \text{mod}[\bar{C}_1] + i_1 \text{mod}[\bar{C}_2] + \\ &+ i_2 \text{mod}[\bar{C}_3] + i_3 \text{mod}[\bar{C}_4] \end{aligned} \quad (9)$$

При цьому бікомплексна амплітуда $\dot{C} = \dot{C}(t)|_{t=0}$ визначиться початковим положенням вектору \bar{C} . Такий зв'язок бікомплексних величин і вектору \bar{C} має місце лише при $a \cdot d = b \cdot c$.

Запропонований метод бікомплексного числення можна вважати узагальненням на більш абстрактному рівні відомого інтегрального символічного числення на область функцій гіперкомплексної змінної.

Користуючись конкретними співвідношеннями бікомплексного перетворення можна аналізувати вихідну напругу перетворювального пристрою із багаторазовою модуляцією і здійснювати моделювання систем електроживлення.

На основі проведених теоретичних досліджень розроблено ряд ПП із багаторазовою модуляцією та адаптивним координатно-параметричним керуванням у складі системи електропостачання з ВДЕ, які передбачають формування заданої вихідної напруги довільної форми з необхідною точністю за умови забезпечення інваріантності вихідних координат ПП до виду перетворюваної електроенергії на виході первинної системи з ВДЕ, а також до впливових координатно-параметричних збурень

Для аналізу за допомогою бікомплексного числення структури перетворювальних пристроїв із багатократною модуляцією для ВДЕ розглянемо більш детально вираз для комутаційної функції.

У загальному вигляді вираз (2) має вигляд

$$\bar{Q}(t) = \frac{\frac{4}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \frac{(-1)^{k-1}}{2k-1} \sum_{l=1}^N [g_l \cos(2l-1)\alpha_l] \right\} \cdot \cos(2k-1)\omega t}{\frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} \sum_{l=1}^N [g_l \cos(2l-1)\alpha_l] \right\} \cdot \cos(2n-1)\Omega t} \quad (10)$$

Відомо [1], що поліноми від l у виразі (10) можуть бути представлені в замкнутій формі:

$$\sum_{l=1}^N \cos(2l-1)\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin 2N\alpha}{\sin \alpha} \quad (11)$$

Тоді вираз (10) запишеться у вигляді

$$\bar{Q}(t) = \frac{g'_l \sin 2N\alpha'_l \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k-1}}{2k-1} \cos(2k-1)\omega t}{\frac{g_l \sin 2N\alpha_l \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} \cos(2n-1)\Omega t}{\sin \alpha_l}} \quad (12)$$

Перетворимо останній вираз до вигляду

$$\bar{Q}(t) = \frac{D_{n,k} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k-1} \cos(2k-1)\omega t}{\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \cos(2n-1)\Omega t} \quad (13)$$

де $D_{n,k} = \frac{g'_l \sin 2N\alpha'_l}{\sin \alpha'_l} / \frac{g_l \sin 2N\alpha_l}{\sin \alpha_l}$

З метою подальшого спрощення виразу (13) представимо його знаменник для миттєвого значення аргументу у вигляді

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \cdot \cos(2n-1)x = \frac{1}{2} \sec x \quad (14)$$

Помножимо чисельник і знаменник виразу (13) на $\cos \Omega t$. Тоді з урахуванням того, що $(\cos x \cdot \sec x = 1)$, і повертаючись до комплексної форми представлення рядів, отримаємо вираз (13) у вигляді

$$\bar{Q}(t) = D_{n,k} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} e^{i(2n-1)\omega t} \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k-1}}{2k-1} e^{j(2k-1)\Omega t} \quad (15)$$

Отримаємо вихідний сигнал перетворювального

пристрою із багатократною модуляцією в бікомплексній формі може бути представлено виразом

$$\dot{U}_{\text{вих}} = D_{n,k} \dot{F}(i\Omega) \cdot \frac{1}{4ij} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \dot{f}(jk\omega) \cdot \dot{F}(in\Omega) \quad (16)$$

де узагальнена бікомплексна частота відповідає $(i + jq)\Omega$, $q = \omega/\Omega$.

Висновки. Користуючись основними правилами алгебри бікомплексного перетворення та бікомплексними зображеннями векторних функцій, можна аналізувати вихідний сигнал перетворювальних пристроїв із багатократною модуляцією для різних форм вхідного впливу.

Одним з досить перспективних застосувань гіперкомплексного вираховування є перетворення систем диференціальних рівнянь з метою спрощення або стиснення в одне рівняння. Тобто, загальне завдання перетворення може бути сформульовано в такий спосіб: за системою диференціальних рівнянь необхідно знайти таку гіперчислову систему, за допомогою якої вихідну систему можна стиснути в одне рівняння, розв'язок якого можна записати в аналітичному вигляді [8,9].

ЛІТЕРАТУРА

1. Касандров В.В. Алгебродинамика: кватернионы, твисторы, частицы. Вестник РУДН. Серия: Физика. 2000. Выпуск 8(1). С. 34-45.
2. Смолин А.Л. Гиперкомплексные преобразования Лоренца, эфир и остальная физика. Диалог-МГУ. 1999. 105с.
3. Топпан Ф. Алгебра с делением, суперсимметрии и октонионная М-теория. Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. № 02(2). 2004. С. 112-129.
4. Balan V. Spectral properties and applications of numerical multilinear algebra of m-root structures. *Hypercomplex Numbers in Geometry and Physics*, 2 (10). v. 5, p. 101-107. 2008.
5. Goldberg D.E. Genetic algorithms and Walsh functions. *Complex systems*. 1989. №3(2). pp. 129-171.
6. Ludkovsky S.V. Quasi-conformal functions of quaternion and octonion variables, their integral transformations. 2008. *Far East Journal of Mathematical Science (FJMS)* 28, 1. pp. 37-88.
7. Smirnov V.S., Samkov A.V., Bulgach T.V. Theoretical and methodological Aspects of Intensive-converter system of Telecommunication complex organization. *Mathematical simulation in electrotecnics, electronics, electroenergetics*. 2006. Lviv. Lvivska poleticnica. P.482.
8. Смирнов В.С., Лизанец В.В., Самков А.В., Беленок Н.В., Иваниченко Е.В. Концептуальные основы построения усилительно-преобразовательных систем телекоммуникационного оборудования для фотоэнергетики. Материали МНТК «Відновлювана енергетика ХХІ століття». 2016. К. ІВЕ НАНУ. 29-30 вересня. С.286-290.
9. Смирнов В. С., Беленок Н. В., Иваниченко Е. В. Теоретические основы организации структурно-инвариантных преобразовательных систем автономных объектов для возобновляемой энергетики. «Відновлювана енергетика» 2016. ІВЕ НАНУ. №4(47).С.20-29.

REFERENCES

1. Kasandrov V.V. Algebrodynamics: quaternions, twistors, particles. *Bulletin Rossiiskogo Universiteta Druzhby Narodov. Seriya: Physics*. 2000. Vyp. 8(1). pp. 34-45.
2. Smolin A.L. Hypercomplex Lorentz transformations, ether and the rest of physics. *Dialog-MSU*. 1999. 105p.
3. Toppan F. Division algebra, supersymmetries and octonionic M-theory. *Hypercomplex numbers in geometry and physics*. № 02(2). 2004. pp.112-129.
4. Balan V. Spectral properties and applications of numerical multilinear algebra of m-root structures. *Hypercomplex Numbers in Geometry and Physics*, 2 (10). v. 5, p. 101-107. 2008.
5. Goldberg D.E. Genetic algorithms and Walsh functions. *Complex systems*. 1989. №3(2). pp. 129-171.
6. Ludkovsky S.V. Quasi-conformal functions of quaternion and octonion variables, their integral transformations. 2008. *Far East Journal of Mathematical Science (FJMS)* 28, 1. pp. 37-88.
7. Smirnov V.S., Samkov A.V., Bulgach T.V. Theoretical and methodological Aspects of Intensive-converter system of Telecommunication complex organization. *Mathematical simulation in electrotecnics, electronics, electroenergetics*. 2006. Lviv. Lvivska poleticnica. P.482.
8. Smirnov V.S., Lizanets V.V., Samkov A.V., Belenok N.V., Ivanchenko E.V. Conceptual foundations for constructing amplifying-converting systems of telecommunication equipment for photoenergy. *Mathematical International Scientific and Technical Conference "Renewable energy XXI century"*. 2016. IRE National Academy of Sciences of Ukraine. 29-30 September. pp.286-290.
9. Smirnov V.S., Belenok N.V., Ivanchenko E.V. Theoretical foundations of the organization of structurally invariant transformation systems of autonomous objects for renewable energy. "Renewable energy". 2016. IRE National Academy of Sciences of Ukraine. № 4(47). pp.286-290.

Bicomplex analysis of converters for autonomous renewable energy facilities

N.V. Belenok

Abstract. The article covers the use of bicomplex approach in the calculation of converters with multiple modulation used in autonomous renewable energy facilities. The proposed method in the hypercomplex representation leads to a reduction in information processing. The bicomplex representation method includes direct and inverse bicomplex transformation, which allows obtaining analytically complete solution for the analysis of a system with multiple modulation.

Keywords: hypercomplex numerical systems, bicomplex analysis, commutative function, multiple modulation converters, renewable energy sources.

Аналіз алгоритмів кластеризації для наукових статей на основі підсумовування за допомогою нейронних мереж

М. В. Бевза

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
*Corresponding author. E-mail:maksymbevza@gmail.com

Paper received 02.07.21; Accepted for publication 19.07.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-07>

Анотація. Вступ. Ріст кількості інформації доступної в мережі інтернет є експоненційним. Фільтрування якісної інформації від неякісної стає дедалі важчим. Пошук інформації з надійних джерел є важливим завданням. Одне з високоякісних джерел інформації - це наукові дослідження. **Метою роботи** є побудова системи, яка може кластеризувати наукові статті, враховуючи її семантичні властивості, та порівняти алгоритми кластеризації для цієї задачі. **Результати.** Проаналізовано структуру наукових статей та визначено особливості, які слід враховувати під час кластеризації статей за їх текстовими семантичними властивостями. Описано процес побудови кластерів. Характеристики розробленої системи сформовано за допомогою нейронної мережі BERT. Розроблено систему, яка опрацьовує текстову частину наукової статті і будує кластеризацію. Аналіз роботи розробленої системи показав переваги і недоліки методів кластеризації. **Висновки.** Використання розробленої системи, яка на вхід отримує характеристики текстової частини наукової статті, дає змогу комплексно оцінити зв'язок наукових статей один між іншим, а також інтерпретувати ці зв'язки.

Ключові слова: штучний інтелект, оброблення природної мови, кластеризація.

Вступ. Кількість інформації, доступна пересічній людині росте експоненційно, це зв'язано з легкістю створення і поширення інформації за допомогою мережі "Інтернет", та сучасних соціальних мереж. Інформацію може поширювати кожен, хто має доступ до цих мереж, а це - мільярди людей. Все нагально постає питання перевірки правильності інформації.

Одним з джерел якісної і достовірної інформації є наукові статті в рецензованих журналах. У кожній такої статті є декілька людей-рецензентів, які критично прочитали статтю, перевірили логічність пар гіпотеза-висновок, кількість статистичних даних та способів їх обробки.

Пошук відповіді на поставлене запитання серед великої кількості статей автоматизованим способом - це нетривіальне завдання. У цій роботі ми будемо алгоритм, який спрощує групує наукові статті у категорії для спрощення пошуку відповіді на поставлене запитання

Постановка проблеми. Кластеризація - одна з найбільших тем науки про дані. Задача кластеризації - це поділ об'єктів на групи (кластери), які у випадку текстових даних несуть схожі семантичні характеристики. Кластеризація буває строга і м'яка. Строга кластеризація передбачає побудову груп - множин об'єктів, які не перетинаються і які в об'єднанні дають всю множину об'єктів - універсум. Така кластеризація є покриттям множини об'єктів. М'яка кластеризація - це такий поділ об'єктів на групи, коли один об'єкт може належати від одного до декількох груп одночасно.

У роботі Hu et al. (2008) Enhancing Text Clustering by Leveraging Wikipedia Semantics [1] розглядається кластеризація текстів базуючись на онтології WordNet. В їх підході будуються так звані "мішки слів" (bag of words) - це векторизація тексту

по кількості слів які в них входять. Кластеризацію проведено на статтях з "Вікіпедії".

У роботі Beil et al. (2002) Frequent term-based text clustering [2] виділяють спеціальні слова-представники текстів для здійснення кластеризації. Ці представники отримано за рахунок обрахунки частоти вживання слів і таким чином було виділено ключові слова тексту, по яким була зроблена кластеризація.

● У цій роботі розглядається кластеризація текстів наукових робіт. Для цих робіт є характерним наявність структури. Кожна зі статей має таку структуру:

- анотація;
- вступ;
- аналіз інших робіт;
- секції, що описують спосіб перевірки гіпотез;
- висновки;
- додаткові секції.

Наша робота ставить перед собою завдання побудувати алгоритм, який враховує саме цю структуру, гіпотези і висновки для кластеризації текстів, а також порівняти ці алгоритми кластеризації.

Підготовка вхідних даних для кластеризації. Наукові статті мають специфічну структуру розділів. Для задачі кластеризації по тематиці розглянутих питань (гіпотезою і її підтвердженням або спрощенням) ми виділяємо такі признаки, які будуть перетворені в текстові характеристики.

1. Ключові слова
2. Анотація
3. Вступ
4. Текст роботи
5. Висновок

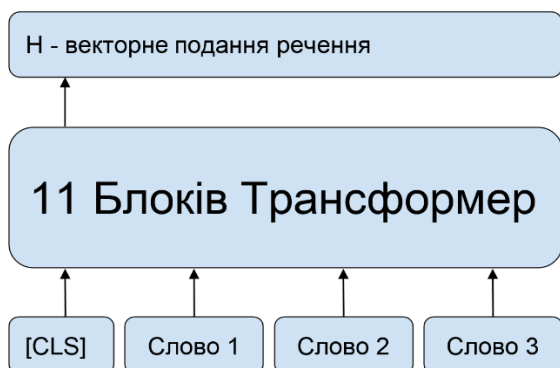
Гіпотезу і відповідь подано в анотації, вступі та висновку, тому вони враховуються окремо від загального тексту роботи.

Отримання характеристик з текстової частини контенту. Для генерації ознак з текстових даних було використано нейронну мережу, побудовану на основі архітектури Transformer [3]. Оскільки навчання нейронної мережі для оброблення потребує величезних обсягів даних, то цю систему ми тренували на основі попередньо навченої мережі на мовних моделях системи BERT [4]. На відміну від системи word2vec [5], система BERT враховує контекстну залежність слів в межах речення. На відміну від системи RoBERTa [6], система BERT має кращу швидкодiю, що суттєво впливає на час тренування і виконання алгоритму.

На Рис 1. зображено схему нейронної мережі BERT. Ця система дає змогу приймати на вході ціле речення, розраховувати 12-рівневу нейронно-мережову архітектуру і отримати контекстно-залежні репрезентації слів. Цей підхід має перевагу над підходом незалежного оброблення слів, оскільки враховує контекст, в якому кожне слово використовується.

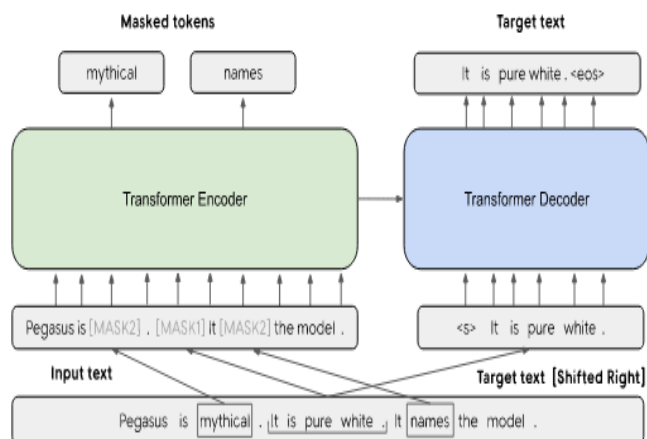
Система BERT маскує слова і намагається по контексту передбачити ці слова, таким чином досягається додатковий рівень узагальнення і зменшується перенавчання.

Кожне слово має відповідний 768-розмірний вектор, який відповідає його числовій репрезентації. Для побудови єдиного значення для всього тексту здійснено усереднення за всіма словами в тексті як спосіб узагальнення.



1. Схема роботи нейронної мережі BERT.

Підсумовування. Для розв'язання задачі підсумовування всього тексту статті ми використовуємо мережу Pegasus [7], яка була натренована для розв'язання задачі підсумовування текстів. Це нейронна мережа побудована на основі мережі BERT, яка в свою чергу базується на моделі побудови нейронних мереж Transformer. Особливістю нейронної мережі Pegasus є те, що вона аналогічно до BERT маскує частини тексту. У системі Pegasus аналогічно до BERT маскується частина тексту, у цьому разі - ціле речення, а не окремі слова, і система має завдання відновити це речення. Це покращує узагальненість мережі і покращує надійність її роботи.



2. Схема роботи нейронної мережі Pegasus.

Кластеризація. Алгоритм кластеризації зважає відповідно до надійності і розмірності ознак. Найбільш надійними ознаками ми вважаємо ключові слова, далі - висновок, далі - анотація, далі - підсумування статті. Кластеризація проводилась з допомогою алгоритму K-Means, Ієрархічної кластеризації та алгоритму "поширення спорідненості".

Вимірювання відстаней у векторному просторі речень та слів було зроблено через косинусну відстань. Відстань між векторами A і B визначається за такою формулою 3:

$$\text{similarity} = \cos(\theta) = \frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}}{\|\mathbf{A}\| \|\mathbf{B}\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}}$$

3.

Кластеризація K-Means

Згідно з алгоритмом описаним у роботі [8] для побудови кластерів алгоритм ітеративно робить такі кроки:

1. підрахунок центроїдів кластерів як середнє значення вектора у відповідному кластері;
2. для кожного об'єкту кластеризації підраховується до якого центроїда вона має найменшу відстань;
3. призначити для кожного об'єкту номер кластеру відповідно до того який центроїд мав найменшу відстань до кластеру.

Значення K для K-means було обрано 63 для отримання 63 кластерів.

Ієрархічна кластеризація

Алгоритм побудови кластерів такий.

Спочатку всі об'єкти належать до своїх власних кластерів. Далі ітеративно виконуються такі кроки:

1. вибирається пара кластерів A та B, які мають найменшу відстань між середніми значеннями їх векторів;
2. кластери A та B об'єднуються в один кластер

Алгоритм зупиняється коли досягнуто певного порогу дальності між кластерами, або коли отримано необхідну кількість кластерів K .

Алгоритм "поширення спорідненості"

Цей алгоритм аналогічно до ієрархічної кластеризації працює ітеративно.

Нехай $x_1 - x_n$ - набір точок даних, не роблячи припущень про їх внутрішню структуру, і нехай s - функція, яка кількісно визначає подібність між будь-якими двома точками.

Діагональ s (тобто $s(i,i)$) особливо важлива, оскільки вона представляє перевагу екземпляра, що означає, наскільки ймовірно, що конкретний екземпляр стане зразком (представником) для кластеру. Коли діагоналі встановлено одне і те ж значення для всіх входів, це визначає кількість кластерів алгоритм дасть на виході. Значення діагоналі, близьке до мінімально можливої подібності - це створює менше кластерів, тоді як значення, близьке або більше за максимально можливу подібність, дає велику кількість кластерів. Це значення зазвичай встановлюють як середня подібності всіх пар входів.

Алгоритм працює шляхом чергування двох кроків передачі повідомлень, які оновлюють дві матриці:

Матриця "відповідальності" R має значення $r(i,k)$, які кількісно визначають, наскільки добре підходить x_k , щоб служити зразком для x_i , порівняно з іншими зразками кандидатів для x_i .

Матриця "доступності" A містить значення $a(i,k)$, які представляють, наскільки "доцільним" було б, щоб x_i вибрав x_k як його приклад, враховуючи перевагу інших точок щодо x_k як зразка.

Обидві матриці ініціалізовані до всіх нулів і можуть розглядатися як таблиці ймовірностей журналів. Потім алгоритм виконує наступні оновлення ітеративно:

Спочатку надсилаються оновлення про відповідальність 4:

$$r(i, k) \leftarrow s(i, k) - \max_{k' \neq k} \{a(i, k') + s(i, k')\} \quad 4.$$

Потім доступність оновлюється за наступними формулами 5

$$a(i, k) \leftarrow \min \left(0, r(k, k) + \sum_{i' \neq \{i, k\}} \max(0, r(i', k)) \right)$$

$$a(k, k) \leftarrow \sum_{i' \neq k} \max(0, r(i', k)) \quad 5.$$

Ітерації виконуються до тих пір, поки межі кластера не залишаться незмінними протягом ряду ітерацій, або не буде досягнуто якоесь заздалегідь визначене число (ітерацій). Зразки витягуються з кінцевих матриць як ті, чия "відповідальність + доступність" для себе є позитивною (тобто $r(i,i) + a(i,i) > 0$).

Апробація алгоритму. Для формування датасету використано наукові статті опубліковані в роки з 2015 до 2020. Для роботи ми взяли 4000 статей з ресурсу <https://arxiv.org/>. Обробка цих даних і отримання текстових характеристик на нейронній мережі Pegasus зайняла 144 години робочого часу на GPU.

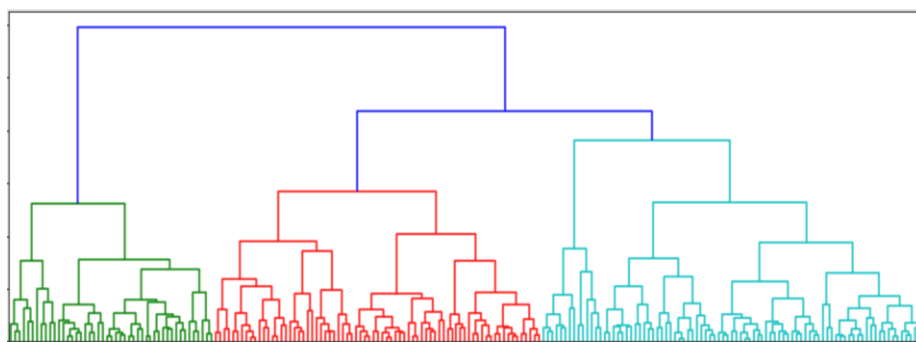
Кластеризація K-Means. Для алгоритму K-Means ми використали значення 63 для кількості кластерів. Це число вибрано з розрахунку $K = \sqrt{N}$, де N - кількість кластерів.

Для візуалізації результатів побудуємо кластеризації з'єднань різних статей.

Переваги алгоритму: легко інтерпретувати кластери; легкість в контролі кількості кластерів

Недоліки алгоритму: об'єкти на межі кластерів важко віднести до якоїсь категорії

Ієрархічна кластеризація. Верхівка алгоритму ієрархічної кластеризації зображена на Рис 6.



6. Візуалізація роботи ієрархічної кластеризації

Ми чітко прослідковуємо, три категорії текстів за їх тематикою:

1. Computer Science, Mathematics
2. Physics
3. Quantitative Biology

Переваги алгоритму: легко інтерпретувати кластери і їх частини; швидкодія алгоритму. Недоліки алгоритму: низькорівнева ієрархія не має сенсу

Алгоритм поширення спорідненості. При аналізі утворених кластерів ми побачили, що об'єкти в кластерах мають чітко вираженого представника, який описує весь кластер вцілому. Це дозволяє інтерпретувати кластер і робити наступні висновки або пошук по кластеру.

Переваги алгоритму: легко інтерпретувати кластери; простота контролю дальності кластерів через параметризацію діагоналі; легкість інтерпретації

Недоліки алгоритму: значний час роботи і повільна сходимість алгоритму

Висновки. Розроблений алгоритм кластеризації, який на вхід отримує характеристики текстової частини наукової статті та ключових слів, отриманої за допомогою нейронної мережі BERT та Pegasus і зважений відповідно до важливості і розмірності вхідних ознак.

Проаналізовано такі алгоритми до кластеризації наукових статей:

1. K-means;
2. ієрархічна кластеризація;
3. поширення спорідненості.

Проаналізовано переваги і недоліки кожного з методів, а також особливості використання.

REFERENCES

- 1 Hu et al. (2008) Enhancing Text Clustering by Leveraging Wikipedia Semantics. <http://www.cse.ust.hk/faculty/qyang/Docs/2008/fp422Hujian.pdf>
- 2 Beil et al. (2002) Frequent term-based text clustering <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/775047.775110>
- 3 Vaswani et al. Attention Is All You Need. NIPS 2017 Proceedings <https://papers.nips.cc/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Paper.pdf>
- 4 Devlin et al. (2018) BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. <https://arxiv.org/pdf/1810.04805.pdf>
- 5 Mikolov, T., Chen, K., Carrado, G. and Dean, J. (2013). Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. 1st ed.
- 6 Lie et al. RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach. <https://arxiv.org/pdf/1907.11692.pdf>
- 7 Zhang et al. PEGASUS: Pre-training with Extracted Gap-sentences for Abstractive Summarization <https://arxiv.org/pdf/1912.08777.pdf>
- 8 J. A. Hartigan, M. A. Wong, A K-Means Clustering Algorithm <https://rss.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/2346830>

Analysis of clustering algorithms of scientific papers using summarisation via neural networks.

M. Bevza

Abstract. Introduction. The growth in the amount of information available on the Internet is exponential. Filtering quality information from low-quality information is becoming increasingly difficult. Finding information from reliable sources is an important task. One of the high-quality sources of information is scientific research papers. The aim of the work is to build a system that can cluster scientific articles, taking into account its semantic properties, and compare clustering algorithms for this task. **Results.** The structure of scientific articles is analyzed and the features that should be taken into account when clustering articles by their textual semantic properties are determined. The process of cluster construction is described. The characteristics of the text part of the content are pre-formed using the neural network BERT. A system has been developed that processes the text part of a scientific article and builds clustering. Analysis of the developed system showed the advantages and disadvantages of clustering methods. **Conclusions.** The use of the developed system, which receives the characteristics of the text part of a scientific article, allows to comprehensively assess the relationship of scientific articles to each other, as well as to interpret these links.

Keywords: artificial intelligence, natural language processing, clustering, neural networks, summarization, bert, pegasus, clusterization, neural networks.

Імітаційне моделювання визначення оптимальної стратегії розходження суден в ситуації їх небезпечного зближення

І. О. Бурмака, О. В. Янчеський, Д. Б. Федоров, Є. А. Петріченко

Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, Україна
Corresponding author. E-mail: burmaka1964@gmail.com

Paper received 28.04.21; Accepted for publication 19.05.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-08>

Анотація. В роботі приведено алгоритм пошуку оптимальної стратегії розходження способом сканування в ситуації небезпечного зближення чотирьох суден. В заданій ситуації зближення розраховано значення оптимальних курсів ухилення трьох суден, що небезпечно зближуються, та підтверджено безпеку їх розходження. Імітаційним моделюванням процесу розходження підтверджено коректність визначення оптимальної стратегії розходження способом сканування.

Ключові слова: безпека судноводіння, попередження зіткнень суден, розходження групи суден, імітаційне моделювання.

Вступ. Зростання швидкостей та підвищення інтенсивності руху на водних шляхах, збільшення розмірів транспортних суден, плавання в складних навігаційних умовах роблять проблему забезпечення безаварійності судноплавства однією із найбільш пріоритетних і актуальних. Забезпечення безаварійності судноводіння веде до покращання охорони людського життя на морі та зниження шкоди навколишньому середовищу і майну.

Попередження зіткнень суден при плаванні в стислих районах є однією із найбільш актуальних проблем забезпечення безаварійності судноводіння, вирішення якої потребує вдосконалення методів оцінки безпечності ситуації зближення та, в разі необхідності, способів оперативного вибору маневру розходження.

Короткий огляд публікацій по темі. В роботі [1] досліджено принципи локально-незалежного і зовнішнього управління процесом розходження суден, що небезпечно зближуються, а також приведено детальний аналіз методів їх реалізації.

У монографії [2] розглянуто метод розходження суден в морі шляхом зміщення на паралельну лінію шляху, причому для розходження застосовується одна стратегія - зміщення на лінію паралельну шляху під тим або іншим кутом до лінії вихідного курсу. Підвищення ефективності попередження зіткнень суден, як зазначається в ній, може бути досягнуто створенням нових алгоритмів та інтелектуальних систем.

В роботі [3] розглянуто принцип зовнішнього управління процесом розходження суден і його основні переваги. Показано, що основними методами зовнішнього управління процесом розходження суден є області небезпечних курсів суден, що зближуються, і їх небезпечних швидкостей, за допомогою яких можливі оцінка безпеки ситуації зближення і вибір маневру розходження. При виборі безпечних курсів розходження суден за допомогою області небезпечних курсів запропонована процедура урахування точкової навігаційної перешкоди.

В роботі [4] для ситуації зближення судна з двома цілями запропоновано спосіб формування областей неприпустимих значень параметрів руху судна щодо кожної з них. Одержано процедуру оцінки безпеки ви-

никлої ситуації зближення по кожній цілі застосуванням сформованих областей.

Показано можливість вибору маневру розходження загальним ухиленням від двох цілей за допомогою областей неприпустимих значень параметрів руху судна. Як приклад розглянуті три ситуації зближення судна з двома цілями.

Аналітичні вирази меж областей небезпечних курсів і небезпечних швидкостей, за допомогою яких здійснюється формування даних областей при зовнішньому управлінні процесом розходження суден приведено в роботі [5]. Розглянуто процедури оцінки безпеки зближення суден і маневру їх розходження за допомогою області небезпечних курсів і області їх небезпечних швидкостей.

Одержано формули меж області неприпустимих значень курсів одного судна і швидкостей іншого судна і запропонована процедура її графічного відображення.

В роботах [6,7] запропоновано процедури визначення маневрів розходження для автономних суден. На сучасному етапі основні розробки по даній проблемі присвячені методам для систем попередження зіткнень автономних суден і розподільним алгоритмам для ситуацій зближення декількох суден, в яких вони можуть обмінюватися намірами, використовуючи систему AIS.

Принцип дії автономної суднової системи ухилення від зіткнення CA (Collision avoidance) та його теоретичне обґрунтування розглянуто в роботі [8], в якій приведено алгоритм ухилення від зіткнення та проаналізовані Правила ухилення від зіткнення COLREG. Вказується, що дослідження щодо автоматизації управління судном можуть носити класичний підхід, заснований на застосуванні математичних моделей та алгоритмів, або комп'ютерний характер, який базується на використанні штучного інтелекту, і згадані підходи можуть бути викладені у відповідних категоріях. Розподільні алгоритми для ситуацій зближення декількох суден розглянуто в роботі [9].

Мета. Метою даної публікації являється імітаційне моделювання автоматичного вибору оптимальної стратегії розходження декількох суден в ситуації їх небезпечного зближення.

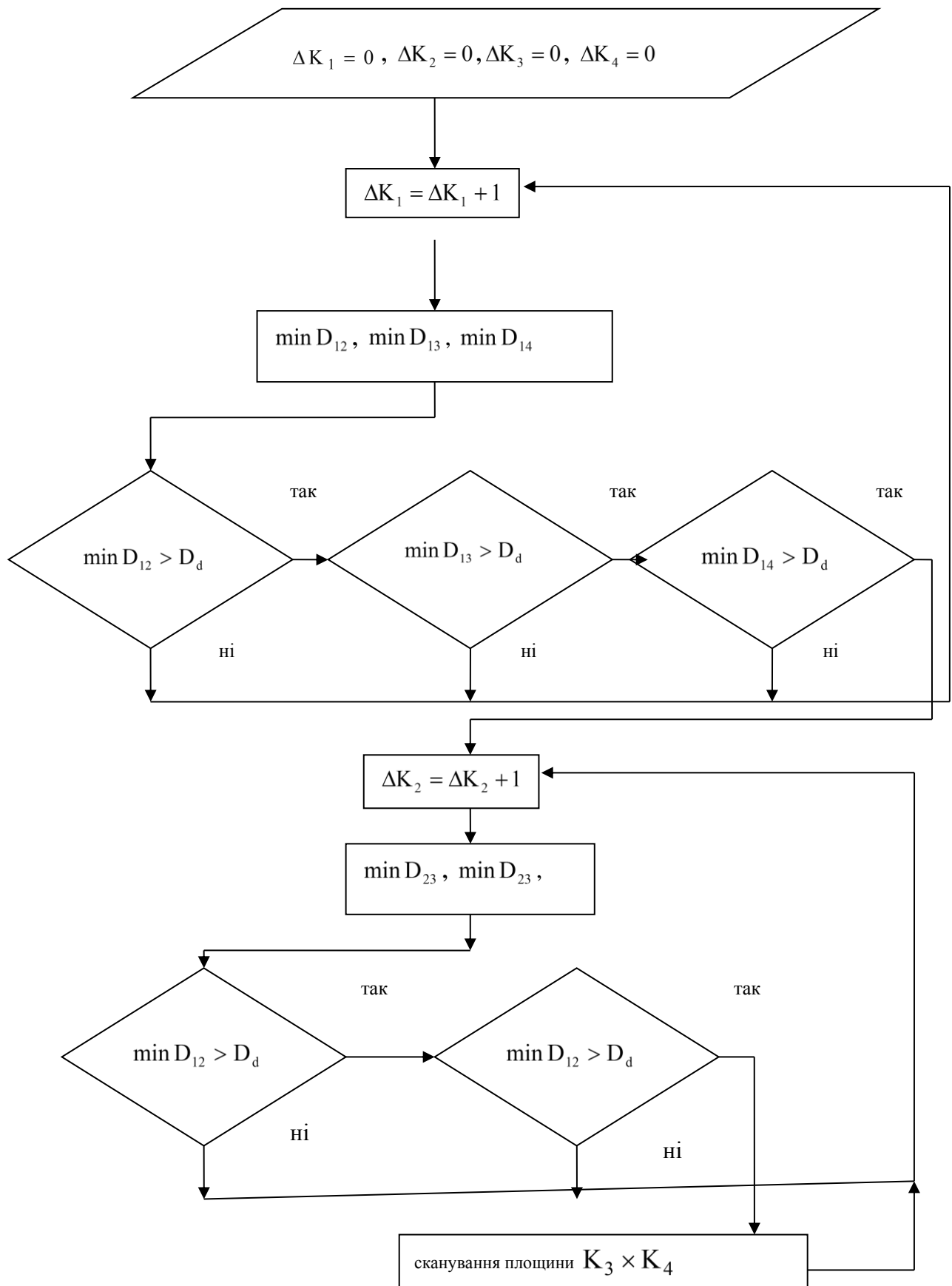


Рис. 1. Алгоритм пошуку оптимальної стратегії розходження

Матеріали і методи. В роботі [1] розглянуто умову вибору оптимальної стратегії розходження для ситуації небезпечного зближення чотирьох суден при необхідності зміни курсів кожного з них, що має вигляд:

$$Q_4^{(2)} = (\Delta K_1^2 + \Delta K_2^2 + \Delta K_3^2 + \Delta K_4^2) \rightarrow \min$$

$$\begin{aligned} \min D_{12}(\Delta K_1, \Delta K_2) &> D_d, \\ \min D_{13}(\Delta K_1, \Delta K_3) &> D_d, \\ \min D_{14}(\Delta K_1, \Delta K_4) &> D_d, \end{aligned}$$

$$\min D_{23}(\Delta K_2, \Delta K_3) > D_d,$$

$$\min D_{24}(\Delta K_2, \Delta K_4) > D_d,$$

$$\min D_{34}(\Delta K_3, \Delta K_4) > D_d,$$

де ΔK_i - приріст курсу і-го судна;

$\min D_{ij}(\Delta K_i, \Delta K_j)$ - дистанція найкоротшого збли-

ження між і-м та j-м суднами;

D_d - гранично - допустима дистанція зближення.

Для пошуку оптимальної стратегії розходження за допомогою вище приведеної умови в роботі [1] був запропонований алгоритм пошуку оптимальної стратегії розходження способом сканування, який показано на рис.1.

Відзначимо, що аналогічно проводиться визначення оптимальної стратегії розходження способом сканування для ситуацій небезпечного зближення двох, трьох і п'яти суден.

Результати і їх обговорення. Для ситуації небезпечного зближення трьох суден за допомогою розглянутого алгоритму була розроблена імітаційна програма визначення оптимальної стратегії розходження. Програмою передбачене введення параметрів ситуації небезпечного зближення, розрахунок курсів ухилення суден для безпечної розходження і перевірка її коректності шляхом програвання одержаної стратегії.

Як приклад розглянемо наступну ситуацію небезпечного зближення трьох суден, яка показана на рис. 2 і характеризується наступними параметрами:

$K_1 = 87^\circ$, $K_2 = 188^\circ$, $K_3 = 347^\circ$, $V_1 = 18$ вуз, $V_2 = 24$ вуз, $V_3 = 18$ вуз, $\alpha_{12} = 45^\circ$, $\alpha_{13} = 135^\circ$, $\alpha_{23} = 180^\circ$, $D_{12} = 3,5$ м, $D_{13} = 3,5$ м, $D_{23} = 5,0$ м. Гранична дистанція зближення вибрана рівною 1 милі.

Програмою були розраховані значення курсів ухилення всіх трьох суден, що небезпечно зближуються, які рівні наступним значенням:

$$K_{1y} = 56^\circ, K_{2y} = 169^\circ, K_{3y} = 347^\circ.$$

Звертаємо увагу, що для безпечної розходження досить зміни курсів першого і другого суден.

Перевірка коректності розрахованої стратегії розходження проводиться в два етапи: по-перше, за допомогою області неприпустимих значень курсів перевіряється безпека розходження кожної пари суден, що зближуються, і, по-друге, проводиться імітаційне моделювання процесу розходження групи суден.

Розглянемо перший етап перевірки коректності стратегії розходження трьох суден.

З рис. 3 видно, що для розрахованих курсів ухилення $K_{1y} = 56^\circ$ і $K_{2y} = 169^\circ$, перше і друге судно безпечно розходяться, причому дистанція найкоротшого зближення складає 1,63 милі.

Як видно з рис. 4, перше і третє судна, при курсах ухилення $K_{1y} = 56^\circ$ і $K_{3y} = 347^\circ$, безпечно розходяться, при цьому дистанція найкоротшого зближення рівна 1,39 милі.

З рис. 5 виходить, що при проходженні курсами ухилення $K_{2y} = 169^\circ$ і $K_{3y} = 347^\circ$, друге і третє судно безпечно розходяться на дистанції найкоротшого зближення 1,02 милі.

Розглянемо другий етап перевірки коректності розрахованої стратегії розходження: імітаційне моделювання процесу розходження трьох суден розрахованими курсами ухилення $K_{1y} = 56^\circ$, $K_{2y} = 169^\circ$, $K_{3y} = 347^\circ$. Початок процесу розходження на третій секундці показаний на рис. 6.

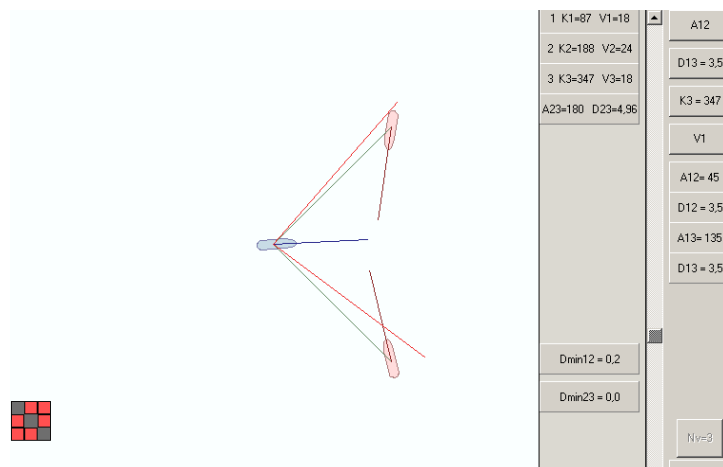


Рис. 2. Ситуація небезпечного зближення трьох суден

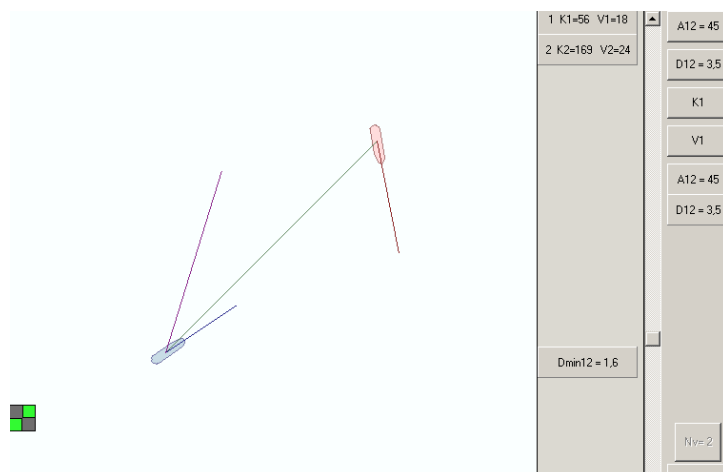


Рис. 3. Безпечне розходження першого і другого суден

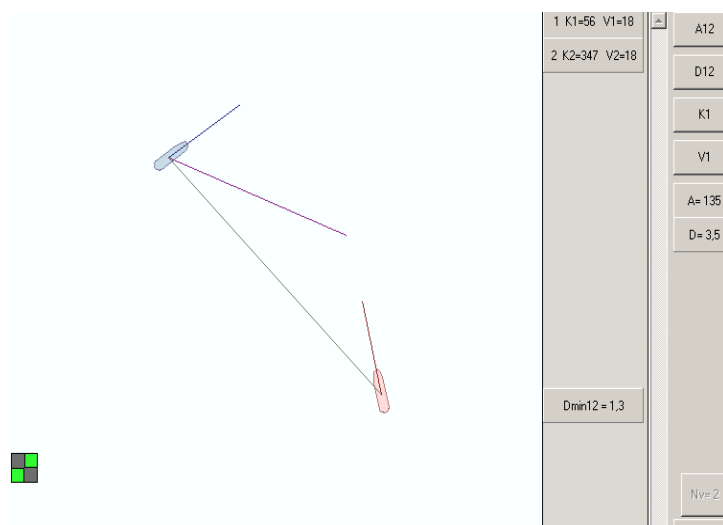


Рис. 4. Безпечне розходження першого і третього суден

Ситуація найкоротшого зближення першого і другого суден на дистанцію 1,64 милі відображена на рис.

7, яка має місце на 334 с процесу розходження.

На рис. 8 показана ситуація найкоротшого зближення другого і третього суден на дистанцію 1,01 милі практично рівної гранично - допустимій дистанції зближення. Дана ситуація настає на 414 с після початку процесу розходження.

На 562 с після початку процесу розходження відбувається найкоротше зближення першого і третього суден, дистанція якого рівна 1,39 милі. Дана ситуація показана на рис. 9.

Висновки

1. Приведено алгоритм пошуку оптимальної стратегії розходження способом сканування в ситуації небезпечного зближення чотирьох суден.

2. Розраховано значення оптимальних курсів ухилення трьох суден, що небезпечно зближуються, в заданій ситуації зближення та підтверджено безпеку їх розходження.

3. Представлено результати імітаційного моделювання процесу розходження, які підтвердили коректність визначення оптимальної стратегії розходження способом скануванням.

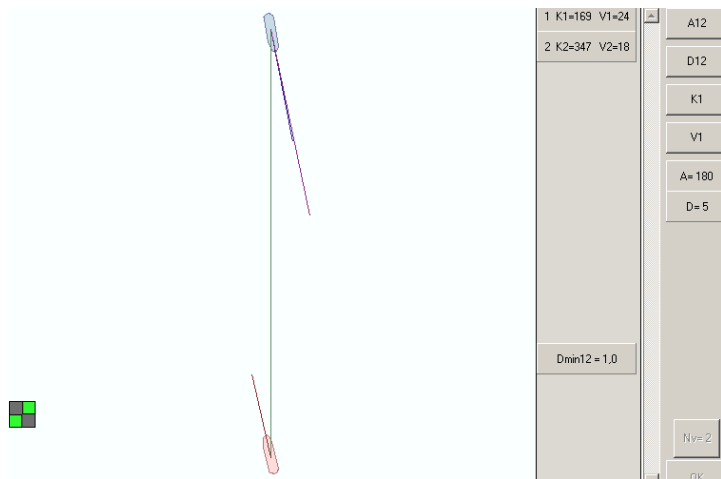


Рис. 5. Безпечне розходження другого і третього суден

D12=3,48
 D13=3,49
 D23=4,92

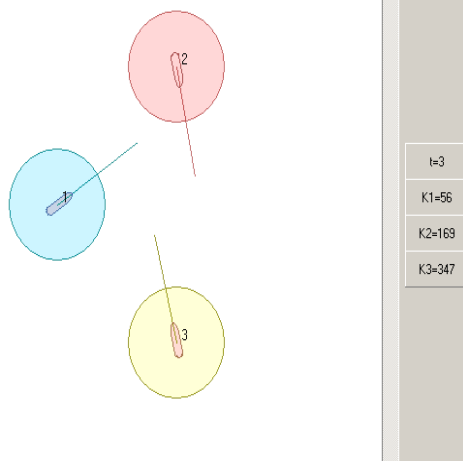


Рис. 6. Початок процесу розходження суден

D12=1,64
 D13=1,92
 D23=1,39

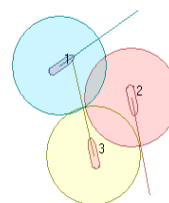


Рис. 7. Ситуація найкоротшого зближення першого і другого суден

D12=1,89
 D13=1,64
 D23=1,02

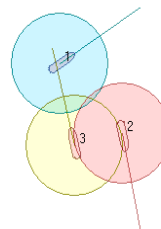


Рис. 8. Ситуація найкоротшого зближення другого і третього суден

D12=2,90
 D13=1,39
 D23=1,98

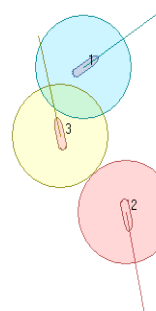


Рис. 9. Ситуація найкоротшого зближення першого і третього суден

ЛІТЕРАТУРА

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. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Фенікс, 2013. – 180 с.
3. Бурмака И.А. Предупреждение столкновений судов методами внешнего управления процессом расхождения / Бурмака И.А., Калиниченко Г.Е., Кулаков М.А. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, V(14), Issue: 132, 2017.- С. 56 - 60.
4. Пятаков Э.Н. Способ определения безопасного маневра расхождения судна изменением курса в ситуации опасного сближения с двумя целями/ Э.Н. Пятаков, В.Э. Пятаков, Т.Ю. Омельченко // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, V(18), Issue: 158, 2018.- С. 72 - 75.
5. Бурмака И.А. Выбор совместной стратегии расхождения судов изменением параметров движения при их внешнем управлении. / И.А. Бурмака, С.С. Пасечнюк // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI (18), Issue: 158, 2018. - С. 41- 46.
6. Woerner K.L. Collision avoidance road test for colregs-constrained autonomous vehicles / K.L.Woerner, M.R.Benjamin, M.Novitzky, J. J.Leonard // OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey. IEEE. - 2016. - P. 1–6.
7. Kuwata Y. Safe maritime autonomous navigation with colregs, using velocity obstacles / Y. Kuwata, M. T. Wolf, D. Zarzhitsky, T. L. Huntsberger // IEEE Journal of Oceanic Engineering. - 2014. - 39(1). - P. 110–119.
8. Statheros T. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / T. Statheros, G. Howells, K. M. Maier //Journal of Navigation. - 2008. - 61(1). - P.129–142.
9. Hirayama K. Distributed Collision Avoidance Algorithm in an Environment where Both Course and Speed Changes are Allowed / K.Hirayama, K.Miyake, T.Shiota, T.Okimoto //TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. - 2019. - 13(1). - P. 23-29.

REFERENCES

1. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / Burmaka I., Pyatakov E., Bulgakov A.- LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbryukken (Germany), – 2016. - 585 p.
2. Vagushchenko L.L. Divergence with vessels by displacement on the parallel line of way / Vagushchenko L.L.- Odessa: Feniks.- 2013.- 180 p.
3. Burmaka I.A. Warning of collisions of vessels by the methods of external control of process of divergence./ Burmaka I.A., Kalynychnenko G.E, Kulakov M.A. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, V(14), Issue: 132, 2017.- С. 56 - 60.
4. Pyatakov E.N. Method of determination of safe maneuver of divergence of ship by the change of course in the situation of dangerous rapprochement with two targets./ Pyatakov E.N., Pyatakov V.E., Omelchenko T.Yu. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, V(18), Issue: 158, 2018.- С. 72 - 75.
5. Burmaka I.A. Choice of joint strategy of divergence of vessels by the change of parameters of motion at their external management./ I.A. Burmaka, S.S. Pasechnyuk. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI (18), Issue: 158, 2018. - С. 41- 46.

Imitation design of determination of optimum strategy of divergence of ships in the situation of their dangerous rapprochement **I. Burmaka, O. Yanchetsky, D. Fedorov, E. Petrichenko**

Abstract. In work the algorithm of search of optimum strategy of divergence by the method of scanning is resulted in the situation of dangerous rapprochement of four ships. The value of optimum courses of deviation of three ships which are dangerously drawn together is expected in the inflicted situation of rapprochement, and safety of their divergence is confirmed. By the imitation design of process of divergence shown correctness of determination of optimum strategy of divergence by the method of scanning.

Keywords: safety of navigation, warning of collisions of ships, divergence of group of ships, imitation design.

Оптимізація вибору заходів з підвищення енергетичної ефективності будівель та споруд на основі техноценологічного підходу

С. П. Денисюк¹, Д. Г. Дерев'янюк¹, В. І. Василенко²

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

²HERZ Україна, Київ, Україна

Corresponding author. E-mail: dereviankodenys@gmail.com

Paper received 14.05.21; Accepted for publication 08.06.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-09>

Анотація: розглянуто особливості проведення рангового аналізу для прогнозу енергоспоживання будівель та споруд в Україні. Формалізовано оптимізаційні задачі у рамках оптимізації ценозів з відповідними обмеженнями. Для відбору та ранжування заходів у рамках окремих кластерів запропоновано використовувати техноценологічний підхід. Перевагою запропонованого підходу для вибору груп заходів по підвищенню енергетичної ефективності у будівлях є оптимальне відображення процесу функціонування об'єктів техноценозу в майбутньому з урахуванням можливих змін технології, інфраструктури, а також використання ресурсів.

Ключові слова: оптимізація, техноценоз, енергетична ефективність, будівлі

Вступ: Енергозбереження відноситься до числа вищих пріоритетів державної енергетичної політики України, складаючи основу енергетичної стратегії до 2035 року. Підвищення енергоефективності збільшує рентабельність, конкурентоспроможність, кількість робочих місць, вивільняє кошти для розвитку бізнесу. В [1] передбачено, що до 2025 року здебільшого буде завершено реформування енергетичного комплексу України, досягнуто першочергових цільових показників з безпеки та енергоефективності, забезпечено його інноваційне оновлення та інтеграцію з енергетичним сектором ЄС. Рівень використання потенціалу енергозбереження в нашій державі є незадовільний, незважаючи на ряд прийнятих законодавчих та інших нормативно-правових актів, спрямованих на ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), зменшення обсягу їх споживання та імпорту.

Одним із способів підвищення енергоефективності є енергозбереження. Об'єктами енергозбереження та підвищення енергоефективності можуть бути технічні та економічні системи будівель та споруд, підприємств та організацій, галузева, регіональна та національна економіка.

Аналіз стану проблеми: Впродовж останніх років впровадження та використання енергоефективних технологій в будівлях, незалежно від комунальних служб чи споживачів, зросла в декілька разів. Енергоефективні технології визначено як заходи з модернізації огорожувальних конструкцій, інженерних систем будівель. Споживачі визнали, що підвищення рівня енергоефективності - це необхідний інструмент, який може значно скоротити витрати на енергозабезпечення та приносити прибуток в майбутньому. Крім того, споживачі також частково покладаються на енергоефективні технології, щоб задовольнити зростаючі потреби в енергоресурсах та зменшити свої витрати. Розвиток енергоефективних технологій пропонує ряд технічних, екологічних та економічних переваг. Більше того, це дозволяє покращити комфортність перебування в будівлях та привести їх характеристики до чинних вимог. Існуючі енергоефективні технології використовуються для будівель найрізноманітніших сфер. Такі заходи, як термічна санація, реконструкція, модернізація інженерних мереж, використання альтернативних джерел

енергії, все частіше застосовуються для будівель, а також з кожним роком виходять на новий рівень розвитку.

Через надзвичайну різноманітність пропонованих сьогодні технологій та їх ефектів вибір необхідного комплексу заходів з підвищення енергоефективності є досить відповідальним рішенням. Впливи таких заходів можуть бути як позитивними так і негативними, як і з технічної, так і з економічної точки зору. Разом з тим, мінімальні вимоги до енергоефективності будівель встановлюються на основі даних, розрахованих для еталонних будівель, з урахуванням вимог до теплових характеристик огорожувальних конструкцій та енергоефективності інженерних систем (включаючи устаткування) будівель відповідно до економічно доцільний рівень, що враховує рівень дисконтованих витрат на енергоефективність щодо розрахункового терміну корисного використання кожного еталону будівлі і диференційований залежно від функціонального призначення, висоти будівель і типу будівельних робіт.[2, 3, 7]

Основні результати роботи: Об'єкти бюджетної сфери та муніципальної інфраструктури в Україні є досить великими споживачами тепла, води, електроенергії та палива. За різними оцінками, сумарне споживання паливно-енергетичних ресурсів в цих сферах становить 25-30% від кінцевого споживання [2]. При цьому, бюджетні об'єкти державного підпорядкування в порівнянні з іншими, як правило, споживають більше електроенергії, регіональні і муніципальні - більше тепла і води. В середньому в великих і середніх містах на частку бюджетної сфери припадає близько 9-11% від усього енергоспоживання міста, об'єкти державної бюджетної сфери можуть додати до цієї частки ще близько 5-6%. Структура споживання енергоресурсів муніципальними об'єктами і підприємствами в значній мірі визначається специфікою і профілем їх діяльності. До групи бюджетних організацій входять різні установи освіти, охорони здоров'я, культури і мистецтва, фізкультурні і спортивні установи, об'єкти МВС і Міністерства оборони, адміністративні та адміністративно-виробничі установи. В склад об'єктів бюджетної сфери в основному входять різні будівлі і будови, функціональні і допоміжні споруди, в ряді випадків - власні системи

життєзабезпечення (котельні, системи водо-, електропостачання та ін.).

Специфіка використання енергоресурсів на цих об'єктах приведена в [8]. Режим експлуатації і область використання енергоресурсів на цих об'єктах в значній мірі збігаються, що дозволяє сформулювати досить загальний пакет технічних рішень щодо економії енергоресурсів. Комплекс заходів з енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності досить різноманітний і може бути розділений на самі різні групи. За витратами їх можливо класифікувати на маловитратні (організаційні), середньовитратні (з окупністю до 5 років) і високовартісні. Ця класифікація застосовується в ряді методичних посібників і нормативних актів.

За функціональністю енергозберігаючі заходи можуть бути класифіковані як "пасивні" та "активні" [8]. При цьому в комплекс енергозберігаючих заходів за різними об'єктами можуть входити найрізноманітніші за спрямованістю заходи: організаційні заходи (введення правил, регламентів, стандартів, нормативів, зміна графіку функціонування об'єкту і т.д.), технічні заходи (реконструкція будівлі, встановлення додаткового обладнання, використання тепла, що відходить та ін.), різні мотиваційні заходи і механізми (елементи стимулювання, пропаганда і т.д.).

Розробка системного підходу – це необхідність, зумовлена суттєвим ускладненням задач структурної організації та управління в енергетиці в умовах реформування, зростаючого попиту на енергетичні послуги в їх кількісному і якісному вигляді, статусом споживача, який став активним суб'єктом організаційно-господарських відносин, новими вимогами, що висувуються суспільством до концепції інтелектуалізації енергетики – концепції Smart Grid [2, 3, 6].

Тому, разом із сформованими системними дослідженнями технічних систем доцільно їх вивчення як спільнот виробів – техноценозів, що передбачає застосування ряду понять, які використовуються об'єктивною закономірністю, що має загальний характер [4, 5].

Термін «техноценоз» і ценологічний підхід до дослідження складних технічних систем визначається як штучна система, спільнота виробів зі слабкими зв'язками і єдиними цілями, обмежена в часі і просторі. Універсальність ценологічного підходу і сформульованого на його основі закону оптимальної побудови техноценозу дозволяє застосовувати їх для бюджетних організацій та установ [2, 4, 5]. Дослідження техноценозу – це дослідження цілого, конкретного об'єкта, що має інтегративні властивості, дослідження, що припускає рух від цілого до частин при вивченні дуже складних імовірнісних технічних систем [5].

Метою техноценологічного дослідження аналізу є статистичний аналіз, крім того оптимізація техноценозу (рис. 1). Рангові аналіз включає процедури інтервального оцінювання, параметричного нормування, прогнозування та нормування споживання ресурсів. Поглиблений аналіз рангових параметричних розподілів дає можливість значно підвищити ефективність рангового аналізу. Зазначимо, що він здійснюється в таких процедурах як дифлекс-аналіз, GZ-аналіз, ZP-аналіз і ASR-аналіз [8].

Однак слід зазначити, що техноценоз, безумовно, система техногенного походження, а для проведення оптимізації техноценозу (рис. 1) відповідно з побудованими графіками розподілу необхідно визначити оптимальний розподіл. Багаторічний досвід дослідження техноценозів в різних областях людської діяльності показує що, оптимальною є така конфігурація системи, яка аналітично описується двопараметричним апроксимуючим виразом рангового розподілу. Енергоспоживання об'єкта $W(x)$ у якості основи для побудови рангового параметричного H -розподілу визначається, як:

$$W(x) = \frac{W_1}{r^\beta}$$

де r – ранг об'єкту; β – показник, який визначає ступінь крутизни кривої розподілу; (1) $W_1 = W_{\max}$ – константа, за яку приймається максимальне значення найбільш крупного споживача.



Рис. 1. - Алгоритм проведення рангового аналізу для прогнозу енергоспоживання бюджетних організацій та установ

$$\beta = \log_r \frac{W_1}{W(x)}$$

Найкращим вважається такий стан техноценозу, при якому параметр знаходиться в межах $0,5 \leq \beta \leq 1,5$. Відповідно до зазначеного виразу можна визначити деякий діапазон оптимальних станів системи і графічно відобразити його у вигляді якоїсь смуги на графіку рангового розподілу [2].

Саму оптимізаційну задачу всередині ценозів можна формалізувати наступним чином:

$$Z(R_i, PSQ_i, ENV_i, PI_i) \rightarrow extr,$$

де R_i – індекс надійності функціонування технічних систем об'єкту, PSQ_i – індекс якості електропостачання об'єкту, ENV_i – індекс «екологічності» об'єкту, PI_i – індекс рентабельності об'єкту.

Сформульована у такому вигляді оптимізаційна задача матиме наступні обмеження:

$$0 \leq f_i(R_i, ENV_i) < 1$$

$$f_i(PSQ_i, PI_i) \geq 1$$

Наведений на рис. 2 ранговий параметричний розподіл техноценозу по споживанню електричної енергії

бюджетними організаціями та установами Солом'янського району за 2016 рік, наявно ілюструє дієвість запропонованого підходу.

Дослідження ценозів як цілісності зводять до їх системного опису ієрархічною системою показників (що обов'язково для ідентифікації ценоза) і до структурного ценологічного опису.

На етапі статистичного аналізу і побудови емпіричної моделі процесу енергоспоживання здійснюється повномасштабна статистична обробка даних по споживанню енергетичних ресурсів, яка включає в себе інтервальне оцінювання, а також ранговий та кластерний аналіз. Рангові аналіз дозволяє упорядкувати інформа-

цію, здійснити прогнозування енергоспоживання окремими об'єктами і інфраструктурою в цілому, інтервальне оцінювання виявляє в динаміці і наочно представляє об'єкти з аномальним енергоспоживанням. Кластерний аналіз дозволяє розбити об'єкти по групах і здійснити нормування енергоспоживання об'єктів в кожній групі з детальним статистичним описом отриманих норм [3].

Побудова рангового-параметричного розподілу здійснюється на основі даних по енергоспоживанню. Ранговий видовий розподіл зручно зображувати в графічній формі. Він представляє собою сукупність точок, вісь абсцис відповідає рангу виду, а вісь ординат – числу особин, яким цей вид представлений.

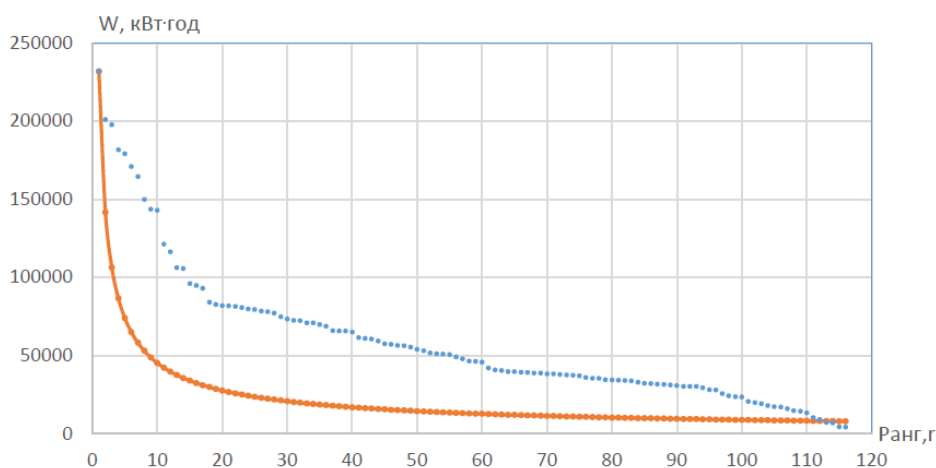


Рис. 2 - Ранговий параметричний розподіл техноценозу по споживанню електричної енергії бюджетними організаціями та установами Солом'янського району за 2016 рік, точки – емпіричні дані, суцільна лінія – апроксимальна крива

Основним змістом рангового аналізу вважається методика побудови рангових розподілів і їх подальше використання з метою оптимізації ценоза. Для виконання оптимізації системи виконується порівняння ідеальної кривої з реальною, після вивчення співвідношення кривих можна зробити висновок: що необхідно змінити в ценозі, щоб точки реальної кривої прагнули потрапити на ідеальну криву. Для цього визначаються способи, засоби, механізми поліпшення ценозу з метою усунення аномальних відхилень. При наближенні експериментальної кривої розподілу до ідеальної кривої виду, тим стабільніше система.

Висновки. Перевагою запропонованого підходу для вибору груп заходів по підвищенню енергетичної ефективності у будівлях є оптимальне відображення процесу функціонування об'єктів техноценозу в майбутньому з урахуванням можливих змін технології, інфраструктури, а також використання ресурсів. При використанні методу облік факторів виконується, спочатку

введенням в алгоритм моделі управляючих впливів, далі, реалізацією стохастичних зворотних зв'язків, і як наслідок одночасною розробкою кількох можливих варіантів розвитку техноценозу, а в подальшому при роботі з моделлю, постійним дослідженням адекватності результатів моделювання. Недоліком слід зазначити, що метод, який заснований на статистичній моделі, як і подібні методи, з високою точністю розраховують значення короткострокового прогнозування (згідно з дослідженнями точний прогноз можна отримати на 1 – 2 роки, після цього помилка різко зростає). Другим недоліком є неможливість реалізації критеріїв, які засновані на порівнянні варіантів управління енергоспоживання. Ці недоліки можливо усунути. Для цього необхідне створення динамічної адаптивної моделі, що відбиває процес електроспоживання на глибину від 5 до 7 років і більше.

ЛІТЕРАТУРА

1. «Нова Енергетична стратегія України до 2035 року: безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>
2. Денисюк С.П. Техноценологічний підхід як метод дослідження електроспоживання об'єктів. / Денисюк С.П., Василенко В.І. // Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті. Матеріали XVIII міжнародної науковопрактичної конференції. – 2017. – С. 50 – 55.
3. Denysiuk, S. Optimisation features of energy processes in energy systems with Distributed Generation / Denysiuk, S., Derevianko, D. // 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2020 - Proceedings, 2020, pp. 211–214, 9160212.
4. Гнатюк В. И. Закон оптимального построения техноценозов. Ценологические исследования. Вып. 29-М.; Томский гос. ун-т: Центр системных исследований, 2005. – 384 с.
5. Кудрин Б. И. Математика ценозов: видовое, ранговидовое, ранговое по параметру гиперболические H-распределения

- и законы Лотки, Цифа, Парето, Мандельброта // Техногенная самоорганизация. Вып. 25 : Ценологические исследования. М.: Центр системных исследований, 2004. 248 с. Режим доступа: <http://mens.by/style/shine/470-mustach-eseburns>
6. Указ президента України Про стратегію сталого розвитку "Україна – 2020". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015#Text>
7. МІНІСТЕРСТВО РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ, БУДІВНИЦТВА ТА ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ НАКАЗ від 11.07.2018 № 170 Про затвердження Методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0823-18#Text>
8. Denysiuk S. The use of technocenological approach in decision making for energy efficiency measures implementation in buildings and structures / Denysiuk S., Derevianko D., Vasylenko V. // Sciences of Europe (Prague, Czech Republic), - VOL 1, № 69 (2021), - pp.65-69. ISSN 3162-2364

REFERENCES

1. «Nova Enerhetychna stratehiia Ukrainy do 2035 roku: bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist» Rezhym dostupu: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>
2. Denysiuk S.P. Tekhnotsenolohichni pidkhd yak metod doslidzhennia elektrospozhyvannia ob'ektiv. / Denysiuk S.P., Vasylenko V.I. // Vidnovliuvalna enerhetyka ta enerhoefektyvnist u KhKhI stolitti. Materialy KhVIII mizhnarodnoi naukopraktychnoi konferentsii. – 2017. – S. 50 – 55.
3. Denysiuk, S. Optimisation features of energy processes in energy systems with Distributed Generation / Denysiuk, S., Derevianko, D. // 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2020 - Proceedings, 2020, pp. 211–214, 9160212.
4. Hnatiuk V. Y. Zakon optymalnoho postroenyia tekhnotsenozov. Tsenolohycheskye yssledovanyia. Vyp. 29-M.; Tomskyi hos. un-t: Tsent systemnykh yssledovanyi, 2005. – 384 s.
5. Kudryn B. Y. Matematyka tsenozov: vydovoe, ranhovydovoe, ranhovoe po parametru hyperbolycheskye N-raspredelenia y zakony Lotky, Tsypfa, Pareto, Mandelbrota // Tekhnohennaia samoorhanyzatsiia. Vyp. 25 : Tsenolohycheskye yssledovanyia. M.: Tsent systemnykh yssledovanyi, 2004. 248 s. Rezhym dostupu: <http://mens.by/style/shine/470-mustach-eseburns>
6. Ukaz prezidenta Ukrainy Pro stratehiu staloho rozvytku "Ukraina – 2020". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015#Text>
7. МІНІСТЕРСТВО РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ, БУДІВНИЦТВА ТА ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ НАКАЗ від 11.07.2018 № 170 Про затвердження Методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0823-18#Text>
8. Denysiuk S. The use of technocenological approach in decision making for energy efficiency measures implementation in buildings and structures / Denysiuk S., Derevianko D., Vasylenko V. // Sciences of Europe (Prague, Czech Republic), - VOL 1, № 69 (2021), - pp.65-69. ISSN 3162-2364

Decision making optimization of the energy efficiency measures in buildings and structures based on the techno-technological approach

S. Denysiuk, D. Derevianko, V. Vasylenko

Abstract: the peculiarities of conducting a rank analysis for the forecast of energy consumption of buildings and structures in Ukraine are considered. The optimization problems within the framework of optimization of cenoses with corresponding restrictions are formalized. It is proposed to use a technocenological approach to select and rank activities within individual clusters. The advantage of the proposed approach for the selection of groups of measures to improve energy efficiency in buildings is the optimal reflection of the process of functioning of the objects of the technocenosis in the future, taking into account possible changes in technology, infrastructure and resource use.

Keywords: optimization, technocenosis, energy efficiency, buildings

The method of anti-risk management of agro-industrial complex projects based on the critical path

K. J. Krol

University "KROK", Kyiv, Ukraine
Corresponding author. E-mail: krolkonrad6@gmail.com

Paper received 18.06.21; Accepted for publication 11.07.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-10>

Abstract. The article presents the method of anti-risk management of agro-industrial complex projects based on the critical path, as well as the algorithm of anti-risk management method of agro-industrial complex projects based on the critical path was developed, which allows when constructing the network schedule of the project to consider not only the duration of works, but also the value of risk of the project of agro-industrial complex. The application of this method will help the project manager to manage project risks more effectively and, as a result, to improve the quality and quantitative indicators of agricultural production.

Keywords: projects, risk management, method, risk management methods, agro-industrial projects.

Introduction. Project stakeholder management is an important component of project management. The stakeholders of the projects of agro-industrial complex have their own specifics. Risks associated with project stakeholders can be devastating for the projects. And given the social role of agrarian projects, the collapse of such projects is unacceptable. The products of agrarian projects are the products of livestock and crop production in natural or processed form. Ukraine is one of the key suppliers of crop products to the world agricultural markets. Livestock products of domestic producers are just beginning to be recognized in the markets of the European Union. The introduction of project management in the domestic agro-industrial complex will help agricultural producers to improve the quality and volume of crop and livestock products, as well as will help to meet the demand of domestic consumers and increase imports of agricultural products. It should be noted that global trends in the consumption of organic products and compliance with requirements to reduce negative impact on the environment in the production of products, contributes to the revision of state regulation of agricultural production rules by domestic producers. Despite the fact that consumers and government agencies are stakeholders in agricultural projects, it is necessary to consider their interests when implementing such projects. But the implementation of these requirements requires changes in the process of usual production for farmers, bears, in addition to the additional costs, also the resistance to changes of employees of agricultural enterprises, who are also the stakeholders of agro-industrial projects. When managing project stakeholders, the project team encounters the need to resolve misunderstandings and conflicts that arise during such project implementation. That is why the qualitative identification of all project stakeholders, definition of their mentality, interests, expectations and requirements from the project implementation, as well as the assessment of their influence on the project and assessment of risks related to the project stakeholders is an important element of the project stakeholder management planning phase. During the planning phase of the project, it is advisable to calculate the option of planning full paths of works, so that the priority criterion for determining the critical path is not the time of the project, but the minimum risk. Such planning in agrarian projects has significant advantages in that the collapse of the project, due to the occurrence of the risk situation related to

the stakeholders of the project, can lead to the closure of the project, unacceptable in view of social effect of agrarian projects. To solve this issue, the author proposes the method of anti-risk management of agro-industrial complex projects based on the critical path. This method takes into account the specifics of the subject area and is a practical tool that can be applied to projects in all sectors of agriculture.

Analysis of latest researches and publications. Fundamentals of the theory of stakeholders were laid by R.E. Freeman in the work [1], where the author defined the concept of stakeholders. R.E. Freeman proposed hypothesis, which was that the organization and its environment can be represented as a set of stakeholders in its activities, the interests and requirements of which should be taken into account by managers [2].

T. Donaldson and L.E. Preston in work [3] have defined the theory of stakeholders, as a management approach, which recommends use of methods and practice that make a philosophy of stakeholder management. This philosophy aims to describe, understand, analyze and manage stakeholders and provides a framework for analyzing the behavioral aspects of stakeholder management.

When managing the stakeholders of projects, it should be taken into account that the success of the project depends on all stakeholders [4]. R. Sisodia, D. Wolfe, J. N. Sheth [5] noted that none of the stakeholder groups can be regarded as the main one. R. Mitchell, B. Agle and D. Wood [6] insisted that it is necessary to manage all stakeholders, even those who do not directly interact with the organization. The stakeholders of the project should be considered as a single structure, where all the elements are linked by common interests.

In the work [7], project relationships are defined as relationships between all project stakeholders in different contexts. Time is a defining feature of the relationship - both past and future influence current behavior in such relationship. In addition, interactions underlie stakeholder experiences and expectations. Each relationship is unique in its content, dynamics, and impact on the parties involved. So, it is not just a question of whether stakeholders and projects are connected, but also how effectively they are connected [8].

The stakeholder management of projects affects the effectiveness of project implementation. C. Scott-Young, D. Samson in the work [9] noted the importance of stakeholder management to achieve project goals. To do this, project

activities should pay more attention to the needs and expectations of project stakeholders [10]. This idea is supported by scholars in the work [11], which noted that all responsibilities and roles, during the implementation of the project should be considered as a response to the expectations of project stakeholders. To begin with, in the planning phase of project stakeholder management, the project team identifies stakeholder expectations of the project, then considering the project objectives, discovers the possibility of matching the future project product with stakeholder expectations. During the course of the project, the stakeholder's expectations are checked and, if necessary, communications are made to adjust stakeholder expectations. It is because if stakeholder expectations are not met, the success of the project will not be fully achieved. For example, inflated expectations can lead to stakeholder disappointment with the results of relevant project.

Orlander and Landin [12] noted that communication with stakeholders should be open, reliable, and informative. Trust, integrity, and ethics are the foundation of good relationships between project stakeholders.

O. Verenysh in the work [13] noted that the organization of interaction between the stakeholders and communication are the most important competencies of project manager. The reason for the lack of interaction and communication can be a lack of integrated understanding of all project processes by all participants.

In addition to expectations, the interests of each stakeholder shall also be identified. Frank Harris [14] noted that the various interests of stakeholders should be recognized by the project team and subject to constant review. In the work [15] it is noted that incomplete and untimely consideration of the interests of project stakeholders can lead to unexpected issues and uncertainty in the projects. The power / interest model [11, 7] is used to determine stakeholder expectations and interests and is widely used to analyze the influence of stakeholders in the project.

Y.Y. Husieva [16] noted that the project should provide only those functions, features or technical characteristics that are necessary to meet the requirements of its stakeholders, using only those resources for which the customer or investor is willing to pay.

Ineffective stakeholder management leads to project delays and cost overruns [11]. This statement also applies to the agricultural projects. Scientific studies performed by scholars [17, 18, 19], noted the need for a structural approach to the identification, prioritization and involvement of the stakeholders. It is noted that the success or failure of the entire project depends on the ability of project team to identify correctly and manage effectively all stakeholders of the project [20].

Project management standards reflect the stakeholder management processes. The most common are the following: PMBOK PMI [20], P2M [21], ICB IPMA [22], ISO 21500 [23].

For stakeholder management such models are used as: Mitchell's model of stakeholder significance identification, in which each stakeholder is analyzed according to the following indicators: power, legitimacy and urgency of demands [2, 6, 24]; balance model of resource relations, where relations between stakeholders are divided into asymmetric and equivalent [2, 24]; network model, which is

used to analyze relations and classify the stakeholders [25], allows to identify the behavior of individual stakeholders and to determine the behavior of the government in general, peculiarities of positions in the community and the properties of the network as a whole; Mendelow model, which allows to identify and classify the interested parties by such indicators as interest, i.e. desire to influence and power, i.e. the ability to influence, which is reflected in a two-dimensional coordinate system [24]; the model depicts an assessment of the power of influence of the interested parties and interaction between the interested parties through the Freeman's power [1, 24]; the stakeholder circle [26], which represents a project surrounded by the project stakeholders; the performance prism focused only on major classes of project stakeholders [26].

In order to take into account the peculiarities of the stakeholders of agrarian projects, the author developed a conceptual model of mental space of the stakeholders of agro-industrial complex projects and anti-risk management of stakeholders of agro-industrial complex projects [27, 28, 29], as well as mathematical model of anti-risk management of stakeholders of agro-industrial complex projects [27, 30].

Despite the fact that some of the critical risks for agrarian projects are the risks associated with the projects concerned [31, 32], there is a need to develop tools for the anti-risk management of agrarian projects, which would take into account the specifics of such projects

The aim of this study is development of tools for risk management of agricultural projects.

Materials and methods. The methodological basis of the study is the general scientific principles of research, the fundamental provisions of the system approach, project management methodology and the process approach.

Results. In project management, the criterion for successful completion of the project is not always its deadline. There may be cases where it is necessary to complete the project with a limited amount of manpower, but not necessarily quickly. Sometimes the main criterion for project completion is not the shortest term and lowest cost, but the minimum risk [31, 34]. In such situations on the network model it is necessary to define all complete paths and then choose one "critical" (by time, costs, risk or other criteria).

The author in the work [35] presented a method for determining all the complete paths of the network schedule of agro-industrial projects, which allows to determine all the complete paths of the network schedule of the project for the subsequent selection of optimal path by the necessary criteria. This method is an integral part of the proposed method of anti-risk management of agro-industrial complex projects on the basis of the critical path. The scheme of the method of anti-risk management of agro-industrial complex projects based on the critical path is shown in Fig. 1.

The method of anti-risk management of agro-industrial complex projects based on the critical path consists of the following steps, namely:

1. Filling the project risk management information base. At this stage, the project team generates a list of risks of agro-industrial complex projects that have been implemented previously, and enters information on risk management into the database. The project risk management plan is developed, where the general approaches to risk management,

classification, identification of risks and the mechanism of response to the project risks are specified.

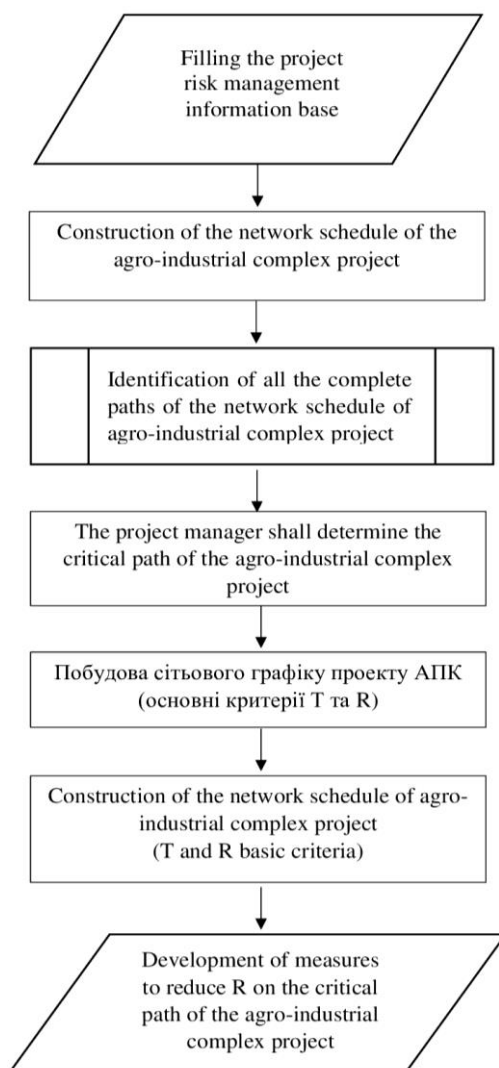


Fig. 1. The method of anti-risk management of agro-industrial complex projects based on the critical path

2. Construction of the network schedule of the agro-industrial complex project. The project team builds the network schedule of the agro-industrial complex project, which is a network model with pre-calculated parameters, which have temporal character. The basis in development of network schedule of the project is the work, for which it is necessary to take into account the availability of necessary resources, the event, i.e. the fact that all the works that are necessary for the next works are finished.

3. Identification of all the complete paths of the network schedule of agro-industrial complex project. At this stage, the project team determines all the paths from the initial to the final event, which are called full paths. To do this, it is proposed to use the method of determining all the full paths of the network schedule of agro-industrial complex projects, the detailed algorithm of which is given in the work [35].

4. The project manager shall determine the critical path of the agro-industrial complex project. The project manager determines the full path, which is the longest in duration from all the full paths. To do this, the duration of each work and event of the agro-industrial complex project shall be determined in advance.

5. Construction of the network schedule of agro-industrial complex project (T and R basic criteria). The project team builds the network schedule of agro-industrial complex project taking into account not only the duration of works from the initial to the final event on the critical path, but also the value of project risk.

6. Development of measures to reduce R on the critical path of the agro-industrial complex project. At this stage, the project team develops strategies to prevent and avoid project risks.

As a result of the work we have the developed network schedule, determined critical path on the criteria of time and risk.

Conclusions. The method of anti-risk management of agro-industrial complex projects based on the critical path was developed, which allows to build a network schedule of the project not only take into account the duration of works on the critical path, but also the risk of the project, as well as to develop measures to reduce the value of risk on the critical path of the projects of agro-industrial complex.

REFERENCES

- Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Boston, MA: Pitman Publishing, 276.
- Petrov, M. A. (2004). Stakeholder Theory: Practical Applications. *Saint Petersburg University Bulletin*. 8, 16, 51-68.
- Donaldson, T., Preston, L. E. (1995). The stakeholder theory of the corporation: concepts, evidence, and implications. *Academy of Management Review*. 20, 1, 65-91.
- Cleland, D. I., Ireland, L. R. (2002). *Project Management: Strategic Design and Implementation*. McGraw-Hill, London, 523.
- Sisodia, R., Wolfe, D., Sheth, J. N. (2007). *Firms of Endearment: How World-Class Companies Profit from Passion and Purpose*. FT Press, 320.
- Mitchell, R., Agle, B., Wood, D. (1997) Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts. *Academy of Management Review*. 22 (4), 853-887.
- Bourne, L., Walker, D. (2005). Visualizing and mapping stakeholder influence. *Management Decision*. 43, 5, 649-660.
- Mouritsen, J., Thrane, S. (2006). Accounting, network complementarities and the development of inter-organisational relations. *Accounting, Organizations and Society*. 31, 3, 241-275.
- Scott-Young, C., Samson, D. (2008). Project success and project team management: evidence from capital projects in the process industries. *Journal of Operations Management*. 26, 6, 749-766.
- Abdullah, W., Maimun, W., Ramly, A. (2006). Does successful project management equates to project success. *Proceeding of the International Conference of Cognitive Informatics 2006*, 17-19 Jul, Beijing, China.
- Yang J., Shen Q., Ho, M. (2007). An overview of previous studies in stakeholder management and its implications for the construction industry. *Journal of Facilities Management*. 7, 2, 159-175.
- Olander, S., Landin, A. (2005). Evaluation of stakeholder influence in the implementation of construction projects. *International Journal of Project Management*. 23, 4, 321-328.
- Verenich, O. V. (2018). *Management of mental space of projects and programs: the dissertation of the doctor of technical sciences: 05.13.22*. Kyiv, 430.
- Harris, F. (2010). A historical overview of stakeholder management. *Construction Stakeholder Management*. Blackwell Publishing Ltd., UK. 41-55.
- Karlsen, J.T. (2002). Project stakeholder management. *Engineer-*

- ing Management Journal. 14, 4, 19-24.
16. Husieva, Yu.Yu. (2021). Methodology of stakeholder-oriented management of regional development projects and programs: the dissertation of the doctor of technical sciences: 05.13.22. Kharkiv, 306.
 17. Cepeda Guaman, D. F. (2020). Risk management of stakeholders in organizational projects in the sphere of maintenance of aircrafts within the framework of the behavioral economy: the dissertation of the candidate of technical sciences: 05.13.22. Lviv, 182.
 18. Bushuev, S. D., Bushueva, N. S., Zaharov, A. M. (2006). Models and methods of strategic development of fast-growing organizations. *Project management and production development*. 1(17), 5–13.
 19. Kadykova, I. N., Larina, S. A., Chumachenko, I. V. (2016). Management of internal stakeholders of projects in the implementation of the program strategy. *Management of Development of Complex Systems*. 28, 68–74.
 20. Oberemok, I. I. (2013). Ways for the development of corporate project management systems. *Management of Development of Complex Systems*. 15, 49–52.
 21. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Six Edition. (2017). USA : PMI, 574.
 22. A Guidebook of Program & Project Management for Enterprise Innovation. (2017). Japan : Project Management Association of Japan (PMAJ), 427.
 23. IPMA I. C. B. IPMA Competence Baseline Version 3. (2006). The Netherlands: Nijkerk, 200.
 24. ISO 21500 : 2012 Guidance on project management. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.iso.org/standard/50003.html>.
 25. Bilokon, A. I., Malanchii, S. O., Alkubalait, T. A. (2016). Theoretical aspects of identification and interaction of stakeholders in projects. *Bulletin of the Dnieper State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 1 (214), 72-78.
 26. Rowley, T. J. (1997). Moving beyond Dyadic Ties: A Network Theory of Stakeholder Influences. *Academy of Management Review*. 22(4), 887-910.
 27. Martynenko, O. S. (2019). Methods for monitoring the requirements of projects and programs within resource constraints : the dissertation of the PhD of technical sciences: 05.13.22. Kharkiv, 193.
 28. Krol, K. J. (2021). Anti-risk management tools of stakeholders in agro-industrial complex. *The scientific heritage*. 58, 58-62.
 29. Krol, K. J., Denchyk, O. R. (2020). Model of mental space of stakeholders of agro-industrial complex projects. *Proceeding of the 17th International Conference "Project management in the development of society"*. Topic "Project management in the digitalization of society", Kyiv, 206 – 209.
 30. Krol, K. J. (2020). Project management in the agro-industrial complex taking into account the interaction of the stakeholder mentality. *Scientific notes of «KROK» University: a collection of scientific works. "Economy" series*. 3 (59), 166-175.
 31. Krol, K. J. (2020). Models of risk management of stakeholders in agro-industrial projects. *Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference "Project Management: Status and Prospects"*. 8-11 Sept. 2020, Mykolaiv, 61-63.
 32. Krol, K. J. (2019). Stakeholders risk management in agro-industrial projects. *Proceeding of the Scientific Works of the Cherkasy State Technological University. Series: Economic Sciences*, Cherkassy, 55, 51–58.
 33. Denchyk, O.R. Models and methods of integrated project risk management in agro-industrial complex : the dissertation of the PhD in Management: 073. Kyiv, 242.
 34. Verenych, O.V. (2016). Development and implementation of a formalized model of the mental space of the project or program environment. *East European Journal of Advanced Technology*. 2, 3 (80), 21-31.
 35. Krol, K. J. (2021). Tools of anti-risk project management of agro-industrial complex. *Proceedings of the XVIII International Scientific Conference "Project management in the development of society"*. Topic "Project management in the context of the COVID-19 pandemic" 15 May., 2021, Kyiv. 189-193.

Использование Байесовского подхода к прогнозированию спроса на электрическую энергию с учетом влияния социальных процессов в Украине

Д. В. Яценко^{*}, В. А. Попов¹, А. И. Замулко¹, А. В. Адаников¹

¹Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", Киев, Украина.
^{*}Corresponding author. E-mail: 19yatsenko94@gmail.com

Paper received 20.07.21; Accepted for publication 02.07.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-255IX32-11>

Аннотация. Обосновано влияние такого социального фактора, как пандемия на формирование спроса на электрическую энергию в Украине по результатам анализа литературных источников. Выявлено существенное воздействие данного фактора на потребление электрической энергии страны в целом и на распределение потребления между секторами экономики, что подтверждается статистическими данными. Кроме этого, отмечено, что ужесточения карантинных мероприятий влияют на уровень потребления электрической энергии. Происходит перераспределение потребления между группами потребителей, особенно между частью офисных потребителей и бытового сектора. Также отмечено, что закрытие общественного транспорта и другие ограничения, влияющие на образ жизни населения приводят к характерным изменениям в потреблении электрической энергии. Разработана модель прогнозирования спроса на электрическую энергию с учетом фактора пандемий на основе экспертных оценок с использованием байесовского подхода.

Ключевые слова: спрос на электрическую энергию, прогнозирование, энергосистема, метод Байеса, Covid-19, экспертная оценка.

Введение. Либерализация энергетического рынка поставила на первое место вопросы прогнозирования цены и спроса на электрическую энергию. Для формирования адекватных моделей прогнозирования необходимо учитывать новые вызовы времени, которые влияют на уровень спроса. Одним из таких факторов с 2020 года стала пандемия.

В 2020 после вспышки пандемии COVID-19 правительства во всем мире приняли резкие меры по сдерживанию распространения вируса, включая локдаун, социальное дистанцирование, закрытие предприятий и запрет на передвижение. Эти ограничения существенно изменяют ритм труда и жизни людей, а следовательно, приводят к значительным изменениям в потребности в электроэнергии и структуре нагрузки. В Украине жесткий локдаун был введен Кабинетом Министров Украины с 12 марта по 3 апреля 2020. С 25 марта Кабинет Министров Украины ввел на всей территории Украины режим чрезвычайной ситуации на период до 24 апреля [1], который затем продлили до 11 мая. Уже 4 мая карантин продлили до 22 мая с одновременным его смягчением. Из-за политики ограничений крупные потребители электроэнергии, например, предприятия и коммерческие учреждения были вынуждены закрыться или перейти на минимальный уровень использования мощности. Поскольку люди, в большинстве случаев, оставались дома, нагрузка на коммунальный сектор начинает расти. Данный процесс приводит к значительному изменению уровня, профиля, состав и суточного распределения спроса на электроэнергию. Изменение режима электропотребления соответственно влияет на работу и управление энергосистемой. Из-за быстрого развития пандемии и меняющейся противоэпидемической политики работа энергосистемы сталкивается с более высокой степенью неопределенности. Кроме технических последствий, это также влияет на экономические и экологические аспекты электроэнергетики.

Многоуровневые ограничения, сдерживающие распространение COVID-19, существенно повлияли на характер потребления электроэнергии, а также на характер и структуру профиля спроса. По мере того,

как экономики пытаются оправиться от пандемии COVID-19, спрос на электроэнергию начинает медленно возвращаться к докарантинным значениям. Однако влияние пандемии COVID-19 продолжается и будет иметь долгосрочное влияние на энергетику и нашу жизнь в целом.

С 1991 по 1997 год потребление электроэнергии в Украине значительно снизилось до 160 млрд. кВт.ч, в начале 2000-х ситуация несколько стабилизировалась, но величина потребления существенно изменилась в 2018, 2019 и 2020 году и соответственно составляла 135,72, 120,22, 117,90 млрд кВт. ч. Из приведенных данных можно сделать вывод, что энергетическая система Украины рассчитана на значительно больший уровень потребления, чем наблюдается в последние годы. Также при таком объеме потребления электрической энергии, которое наблюдалось в 1992 году изменения в определенной группе потребителей существенно не влияют на общее потребление в масштабе государства. Но при потреблении на уровне последних лет изменение в графике нагрузки определенной группы потребителей, скорее всего, существенно повлияет на картину общего потребления страны.

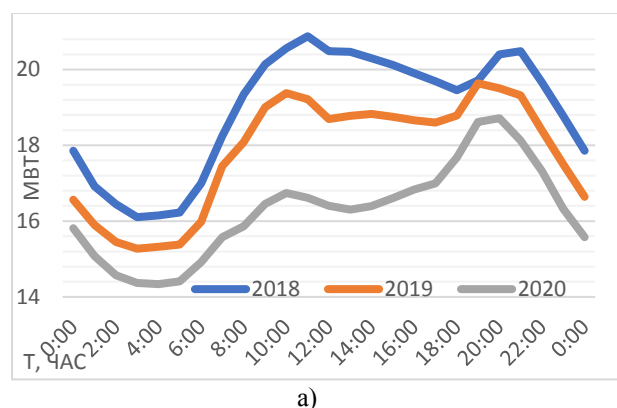
С 1992 года мы наблюдаем тенденцию к сокращению объемов потребления в Украине и одновременно тенденцию к росту доли потребления в бытовом секторе и, соответственно его негативного влияния на режимы работы всей энергосистемы. Поэтому исследование влияния вспышки пандемии на энергетический сектор Украины, а именно на бытового потребителя, является достаточно важной и актуальной задачей, также рассмотрены различные этапы пандемии, как фактор влияния на потребление бытовых потребителей при решении задачи прогнозирования потребления.

Краткий обзор публикаций по теме. Вопрос исследования влияния пандемии на энергетический сектор и другие сферы экономики страны является одним из достаточно распространенных, которые рассматривают ученые разных стран. В частности, в исследовании [2] представлен влияние COVID-19 на украинском и венгер-

ский сектора электроэнергетики и оценивается его интенсивность и динамика развития процесса. В то же время данная работа не позволяет в полной мере провести оценку влияния фактора случайности при формировании спроса на электрическую энергию по секторам.

В статье [3] представлен анализ влияния пандемии COVID-19 на энергетический рынок Польши. Также содержится анализ потребления электроэнергии в период экономического спада. Но в публикации отсутствуют определенные основания для формирования определенных предложений для прогнозирования спроса на электрическую энергию в условиях неопределенности. В работе [4] проанализированы данные о потреблении электроэнергии до конца мая 2020 года, исследуя как спрос на электроэнергию, так и переменные, которые могут влиять на уровень напряжения в электросети. Вместе с тем объем анализируемого временного промежутка не позволяет в полной мере оценить факто случайности социального процесса, что в свою очередь влияет на изменения уровня электропотребления в исследуемых регионах. В [5] изучается влияние карантина на электрическую нагрузку и производство электроэнергии в системе распределения итальянского города Терни. Однако не хватает данных для оценки полноты влияния пандемии на энергосистему страны или региона.

В отличие от предыдущих исследований, которые охватывали только начало пандемического периода, эта работа имела целью изучить и проанализировать данные о спросе на электричество в течение более длительного периода времени. Анализ спроса на электроэнергию для трех регионов показал явные признаки пике и сокращения спроса из-за пандемии. В отличие от предыдущих исследований, процесс анализа спроса в этой работе разработан на основе устранения корреляции временных рядов, тенденций и сезонного влияния на анализ спроса, чтобы охватить только последствия пандемии.



Цель. Целью работы является выявление влияние такого социального фактора, как пандемия на формирование спроса на электрическую энергию в Украине; проведение комплексного анализа изменений спроса на электрическую энергию в условиях введения карантинных мероприятий и снижения погрешности прогнозирования спроса в ЭЭ с учетом влияния факторов пандемии при прогнозировании спроса.

Анализ влияния пандемии на общие объемы потребления в Украине. На первом этапе исследования важно исследовать задачу перекрестного влияния различных секторов экономики и потребителей на формирование спроса на электрическую энергию. По данным Национальной энергетической компании "Укрэнерго" (далее ОСП), в первые три недели карантина среднесуточное потребление электроэнергии с учетом потерь в сетях в Украине уменьшилось на 7,2% по сравнению с аналогичным периодом 2019 [4].

На снижение потребления электроэнергии повлияло потепление: среднесуточная температура в марте 2020 была на 1,7° С выше, чем в марте 2019 [4]. В апреле 2020 среднесуточное потребление электроэнергии в Украине снизилось чуть больше, чем в марте - на 7,5% по сравнению с апрелем 2019 года. При этом в апреле 2020 среднесуточная температура воздуха была ниже на 1,2°С, чем за аналогичный период 2019 [4].

Поэтому основной причиной спада потребления в апреле является вызванное карантином значительное снижение деловой активности в стране [4]. Крупнейшим потребителем электроэнергии в Украине является промышленность, которая использует почти половину производимой электроэнергии. Вторым крупным потребителем является население, на которое приходится более трети общего объема [4].

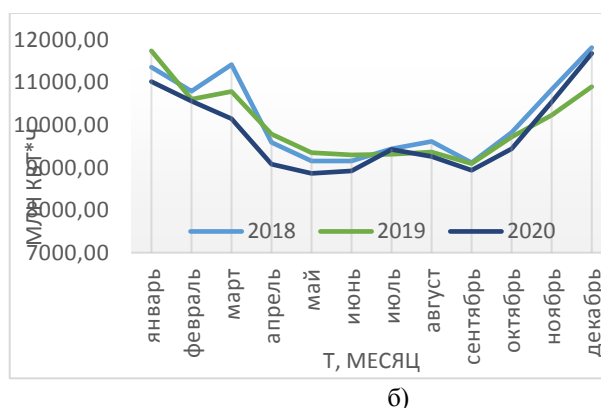


Рис.1. График суточного потребления ЭЭ за типичные сутки в 2018, 2019 и 2020 годах (а) годовое потребление в 2018, 2019 и 2020 годах (б).

Как отмечают в ОСП, наибольший спад потребления электроэнергии в апреле наблюдался в промышленности. В частности, на 21% меньше электроэнергии потратили в машиностроительной отрасли, на 17% - в транспортной, на 13% - в металлургической. При этом уровень потребления населением уменьшился лишь на 1% [4]. С 12 мая 2020 года, после ослабления карантина, тенденция к снижению потребления электроэнергии несколько приостановилась. Однако увеличение потребления является несущественным и связано преимущественно со снижением температуры воздуха - более чем 3°С от показателя аналогичного периода 2019 [4].

По сравнению с маем 2019 года, среднесуточное потребление электроэнергии уменьшилось на 4,9%. В мае наибольший спад показали транспортный сектор - 27%, машиностроительная отрасль - 18,1%, коммунально-бытовые предприятия - 14,8%, пищевая и перерабатывающая промышленность - 8,4%, металлургия - 8,1% [4]. При этом потребление электроэнергии населением выросло на 6,2%, а в секторе химической промышленности произошло увеличение потребления на 10%. В июне общее среднесуточное потребление уменьшилось на 6,6% [4].

По итогам пяти месяцев 2020 года, наибольшее снижение потребления произошло в машиностроительном секторе - на 19% [4]. Химическая и металлургия показали рост - на 16,8% и 10,8% соответственно. В транспортном секторе в январе-мае потребление электроэнергии сократилось на 7,8%. Больше нарастил потребление населения - на 19,8% [4]. Как отмечают в ОСП, во время карантина утренний пик потребления сместился с 9:00 на 10:00, а иногда - и на 11 часов. При этом показатель утреннего пика снизился больше другие показатели. Если за неделю до карантина в рабочие дни утренний пик потребления составлял 18,5-19 ГВт, то сразу после введения строгих карантинных мероприятий он уменьшился на 3,2 ГВт [4].

По данным ОСП известно, что основная причина уменьшения утреннего пика - отсутствие традиционного увеличения потребления утром, когда начинают работу офисы и магазины. Служащие перестали массово приходить утром в офисы, также утром работало меньше общественного электротранспорта [4]. Вечерний пик, который является самым высоким показателем потребления, за сутки до начала карантина составлял 19,2-19,6 ГВт. К концу апреля он уменьшился примерно на 2 ГВт до 17,8 ГВт, а 12-14 мая - до 16,3-16,8 ГВт [4]. На рисунке 1 приведены суточное потребление ЭЭ периода с жесткими карантинными мероприятиями и по сравнению с аналогичными периодами в 2019 и 2018 годах.

Вместе с тем, в период с 2019 по 2020 год установленная мощность возобновляемых источников энергии увеличилась почти в три раза, в 2019 году установленная мощность составляла 2,13 ГВт. На 1 января 2020 года - 6,38 ГВт. Также производители «зеленой» энергии в Украине не несут ответственности за небалансы в энергосистеме, а это прерогатива ОСП. В 2020 году проблема небалансов в энергосистеме становится еще острее, как видно с анализа, ситуацию также усложняет влияние пандемии на энергетический сектор. В данных условиях для корректного решения этой проблемы необходим надежный методологический инструмент, который позволит учитывать случайность процесса пандемии.

Важно отметить, что социальное явление такое как пандемия в первую очередь влияет на бытовую группу потребителей, через переход большинства работающего населения на удаленный режим работы. А это свою очередь влияет и на другие группы потребителей, такие как транспорт, производство, учебные заведения и др. Поэтому исходя из анализа потребления и изменения в группах потребителей можно сделать вывод, что в формировании спроса на электрическую энергию имеет место фактор случайности. Также поставленная задача важна еще потому, что в энергосистеме страны практически отсутствует регулирующая возможность, поэтому при появлении пандемии и снижению потребления важно решить задачу прогнозирования и учесть фактор случайности.

Метод Байеса для решения проблемы прогнозирования спроса с использованием экспертных оценок. Поскольку мы рассматриваем ретроспективные данные электрического потребления страны и целом и отдельно групп потребителей, то имеет место некоторая неопределенность. Также в данном исследовании мы рассматриваем социальный фактор влияния на временной ряд потребления электрической энергии, а именно фактор пан-

демии. Данный фактор может быть выражен, как лингвистическими характеристиками, так и в виде шкалы, также вносит элемент неопределенности, при его включении в прогнозную модель. Так как влияние социального фактора такого, как карантин населения достаточно трудно учесть, то принято решение использовать метод прогнозирования с привлечением экспертов.

Метод Байеса основывается на так называемом экспертном оценке [10], которая применяется в тех случаях, когда ретроспективные данные отсутствуют, или их количество недостаточно для проведения формального анализа. Оценки экспертов носят субъективный характер, поскольку выполняются людьми. Влияние такого социального явления, как любая пандемия трудно обобщить для разработки рекомендаций при дальнейшем решении задачи прогнозирования спроса на ЭЭ. В 2020 году тотальный локдаун по-разному повлиял на потребление различных регионов и городов. Скажем в городе Киеве остановка общественного транспорта существенно повлияла на потребление по секторам экономики и на потребление города в целом. В небольших населенных пунктах такая мера, как остановка транспорта не существенно повлияет на уровень потребления города в целом. Поэтому при учете фактора пандемии в задаче прогнозирования спроса на ЭЭ необходимым этапом является экспертная оценка влияния социального фактора.

Важной проблемой при определении прогнозных оценок спроса является учет быстро меняющихся факторов, формирующих сам спрос. Решение данной проблемы особенно важно в условиях нестабильной экономической ситуации в стране. Поэтому в качестве метода прогнозирования решено использовать байесовский подход, основным преимуществом которого является возможность использования коротких временных рядов спроса на электроэнергию.

Подход Байеса сочетает в себе три основных момента:

- параметр исследуемой модели является случайным и может быть трактован как в общепотребительном смысле, так и в смысле неопределенности. Случайном параметра соответствует априорное распределение;
- результаты наблюдения и априорные распределения объединяются теоремой Байеса с целью получения апостериорного распределения параметра;
- статистический вывод осуществляется исходя из максимизации полезности, в частности с минимизацией потерь связанных с использованием данного правила.

Использованию Байесовского подхода посвящены, например, работы [6-10] и к преимуществам при решении задачи прогнозирования спроса можно отнести:

- возможность включить ретроспективные данные спроса и сформировать предварительное распределение для дальнейшего анализа. Когда появляются новая информация о спросе, предыдущий апостериорный распределение можно использовать как априорный;
- также данный метод рекомендуется использовать при малых выборках данных и в случаях, когда имеет место неопределенность.

К недостаткам можно отнести:

- объемность расчетов;
- отсутствие обоснованного способа определения априора. Байесовские методы требуют навыков перевода субъективных априорных убеждений в математически сформулирован априорные.

Для решения задачи прогнозирования спроса на электрическую энергию производится прогнозирование факторов, входящих в состав временного ряда спроса, блок-схема метода приведена на рисунке 3.

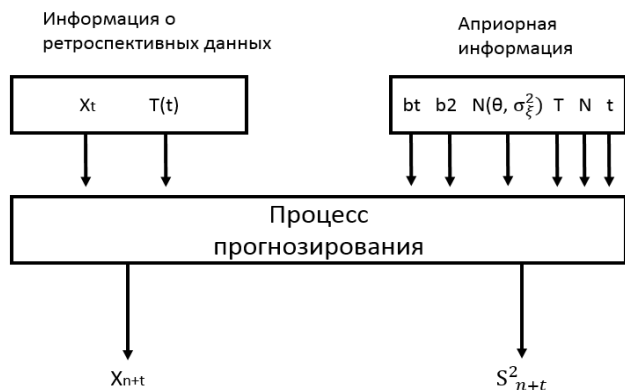


Рис. 2. Блок-схема метода прогнозирования с использованием байесовский подход.

Процедура прогнозирования спроса с использованием байесовский подход является одним из подходов, который обеспечивает учет такого элемента, как персональный опыт и включение лица, принимающего решение. На первом этапе процедуры исходная априорное оценка принимается на основе опыта, предварительного учета тенденции изменения кривой спроса за счет оценки факторов влияния. На втором этапе используется информация о потреблении электрической энергии и априорная оценка корректируется. При прогнозировании спроса предполагаемая оценка θ задается распределением вероятности $h(\theta)$, которая в дальнейшем будет уточнена при наличии фактических данных спроса. Это распределение вероятности отражает субъективную информацию или «уровень доверия» по отношению к θ . В случае уверенности в величине θ значение дисперсии избирается меньше, в противном случае - больше.

Исходной априорной информации является ретроспективные данные ежемесячного о потреблении электрической энергии в течение 2020 (рис. 16). Для расчета нужно задать исходные величины. Из анализа данных потребления 2020 года эксперт на основе анализа карантина и цвета зоны делает выводы относительно возможного влияния социального фактора на уровень потребления.

При этом для формирования своего суждения эксперт использует основные характеристики графика электрической нагрузки (ГЕН) $P(t)$. ГЕН энергосистемы относится к классу нестационарных случайных процессов. Случайность процесса определяется в основном изменениями в режимах работы самой энергосистеме и различных социальных процессов. Периодичность обусловлена повторяющимся характером потребления энергии с периодами равными месяцу. ГЕН энергосистемы имеет, как правило, характерную форму и при этом выделяют ярко выраженных пик осенью-зимний и спад – весной-летний. Месячные графики нагрузки можно четко выделить постоянную и переменную части. Анализ исторических аспектов данной информации дает возможность эксперту сформировать видение о ф возможных тенденциях.

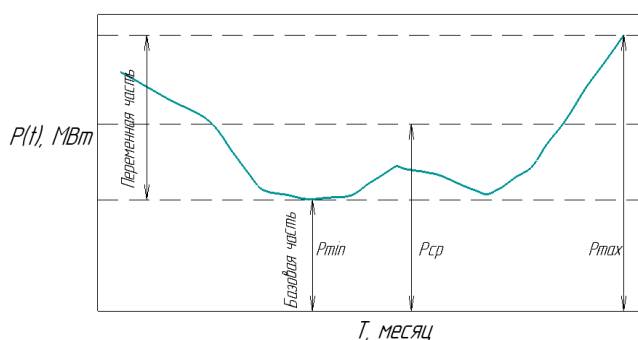


Рис. 3. Характеристика и форма графика электропотребления.

Результаты и их обсуждение. В качестве оценки качества прогнозирования на каждом шагу используем показатель MAPE.

Из результатов исследования (рис. 4) можно сделать вывод, что погрешность метода прогнозирования находится в приемлемых границах. В данном исследовании рассматривался не полный спектр решения задач прогнозирования спроса на ЭЭ, для дальнейшего исследования можно включить вопросы улучшения качества экспертной оценки для повышения точности прогнозирования. Для этого можно создать внутри самого алгоритма шкалу факторов или перечень факторов, влияющих на пандемию, которые могут потенциально влиять на уровень спроса ЭЭ в условиях распространения вирусной инфекции.

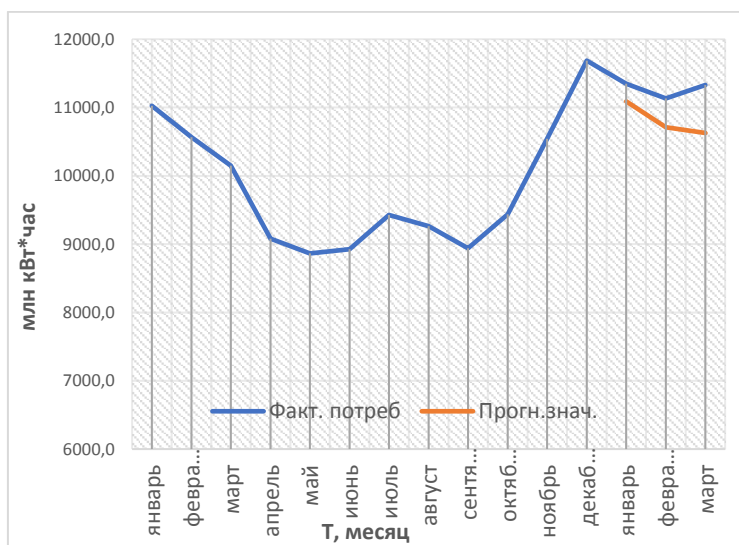


Рис. 4. Результаты прогнозирования.

Также в дальнейшем исследовании можно рассматривать решения поставленной задачи только на региональном уровне и также с разработкой соответствующей шкалы или перечня факторов для повышения качества экспертной оценки.

Выводы. По результатам анализа установлено, что фактор случайности, который формируют такие социальные явления, как пандемия существенно влияют на процесс формирования спроса на электрическую энергию.

Так как фактор случайности такого процесса как пандемия невозможно выразить в математической форме, то предложено учесть влияние данного фактора с привлечением экспертной оценки в процесс прогнозирования спроса.

Разработанна модель Байеса для прогнозирования спроса на электрическую энергию с использованием оценки эксперта, которая позволила использовать короткие временные ряды ретроспективных данных потребления электрической энергии и учесть неопределенность социального фактора влияния пандемии в процессе формирования спроса на электрическую энергию.

Расчеты проводились с использованием экспертных оценок, проводимых на основе оценки жесткости карантина и цвета зоны, действовавших в стране. Глубина обработки экспертной оценки также влияет на погрешность прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рихліський В., Лічильники на карантині: як коронавірус вплинув на споживання електроенергії, 2020, Дата обращения 24.02.2021
<https://www.epravda.com.ua/publications/2020/07/7/662632/>
2. G. Morva and I. Diahovchenko, Effects of COVID-19 on the electricity sectors of Ukraine and Hungary: challenges of energy demand and renewables integration, 2020 IEEE 3rd International Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), 2020, pp. 41-46.
3. M. Czosnyka, B. Wnukowska and K. Karbowa, Electrical energy consumption and the energy market in Poland during the COVID-19 pandemic, Progress in Applied Electrical Engineering (PAEE), 2020 pp. 1-5.
4. D. Agdas and P. Barooah, Impact of the COVID-19 Pandemic on the U.S. Electricity Demand and Supply: An Early View From Data, IEEE Access, vol. 8, 2020, pp. 151523-151534.
5. F. Carere, T. Bragatto and F. Santori (2020), A Distribution Network during the 2020 COVID-19 Pandemic, AEIT International Annual Conference (AEIT), 2020, pp. 1-6.
6. P. T. T. Binh, T. T. T. Loan and T. Q. D. Khoa, Application of hidden Markov and Bayes for demand forecasting, IEEE Power India Conference, 2006, pp. 5.
7. F. - Kuo, Combining expert systems and the Bayesian approach to support forecasting, Proceedings of the Twenty-First Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Volume III., 1998, pp. 174-180.
8. M. V. de Barros, O. Possamai, L. Veriano Oliveira Dalla Valentina and M. A. de Oliveira, Analysis of time to market complexity: A case study of application of Bayesian networks as a forecasting tool, International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM), 2015, pp. 1197-1204.
9. D. Vu, A combination model based on a neural network autoregression and Bayesian network to forecast for avoiding brown plant hopper, International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC), 2015, pp. 220-225.
10. S. Zhou, W. Fan and J. Wu, Prediction of probable Tuna fishing grounds based on Bayesian theorem, International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 2009, pp. 156-162.

REFERENCES

1. Rychlitsky V., Quarantine meters: how the coronavirus affected electricity consumption, 2020, Date of application 24.02.2021
<https://www.epravda.com.ua/publications/2020/07/7/662632/>

Using the Bayesian Approach to Forecasting Electricity Demand Taking into Account the Impact of Social Processes in Ukraine D. V. Yatsenko, V. A. Popov, A. I. Zamulko, O. V. Adanikov

Abstract. The influence of such a social factor as a pandemic on the formation of demand for electric energy in Ukraine has been substantiated based on the analysis of literary sources. A significant impact of this factor on the consumption of electric energy in the country as a whole and on the distribution of consumption between sectors of the economy was revealed, which is confirmed by statistical data. In addition, it was noted that the tightening of quarantine measures affects the level of electricity consumption. There is a redistribution of consumption between consumer groups, especially between a part of office consumers and the household sector. It was also noted that the closure of public transport and other restrictions affecting the lifestyle of the population lead to characteristic changes in the consumption of electrical energy. A model has been developed for forecasting the demand for electrical energy, taking into account the factor of pandemics, based on expert assessments using the Bayesian approach.

Keywords: electricity demand, forecasting, power system, Bayesian method, Covid-19, expert opinion.

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