



5



ERBE DER
EUROPÄISCHEN
WISSENSCHAFT

HERITAGE OF EUROPEAN
SCIENCE '2020



MONOGRAPH
PART 3





Borysova T.M., Cherniuk V., Chervonyi I.F., Choporov O.N., Lvovich I.Ya. et al.

ERBE DER EUROPÄISCHEN WISSENSCHAFT
TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK, SICHERHEIT,
VERKEHR, ARCHITEKTUR
HERITAGE OF EUROPEAN SCIENCE
ENGINEERING AND TECHNOLOGY, INFORMATICS, SECURITY, TRANSPORT, ARCHITECTURE

Monographic series «European Science»
Book 2. Part 3.

In internationalen wissenschaftlich-geometrischen Datenbanken enthalten
Included in International scientometric databases

MONOGRAPHIE
MONOGRAPH

Authors:

Bezushko D. (14), Bilous R.V. (6), Bondareva V.S. (13), Borysova T.M. (11),
 Bozhko S.D. (3), Cherniuk V. (15), Chernyshova A.N. (3), Chervonyi I.F. (1),
 Choporov O.N. (7), Dovbenko V.V. (1), Ershova T.A. (3), Ferdman H.P. (8),
 Khara M. (10), Klimenko Y.A. (7), Kolesnikova T.N. (12), Kvitka N.Y. (2),
 Lvovich I.Y. (7), Lvovich Y.E. (9), Lyamzin A. (10), Monastyrskiy G.L. (11),
 Myronenko O.V. (5), Nykolyn P.M. (4), Nykolyn U.M. (4), Orel V. (15),
 Pakhomova V.N. (13), Preobrazhenskiy A.P. (7,9), Preobrazhenskiy Y.P. (9),
 Romaniuk Y.F. (4), Sakno O.P. (12), Skaballanovich T.I. (13), Solomchak O.V. (4),
 Verkhovliuk A.M. (1), Vietrov O.S. (6), Stovpets O.V. (17), Sukonna N.G. (5),
 Tolstonos O. (9), Vasylieva S. (14)

Erbe der europäischen wissenschaft: technik und technologie, informatik, sicherheit, verkehr, architektur. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft». Buch 2. Teil 3. 2020.

Heritage of european science: engineering and technology, informatics, security, transport, architecture. Monographic series «European Science». Book 2. Part 3. 2020.

ISBN 978-3-9821783-5-6

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03

Published by:

ScientificWorld-NetAkhatAV

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

in conjunction with Institute «SE&E»

e-mail: orgcom@sworld.education

site: www.sworld.education

Copyright © Authors, 2020

Copyright © Drawing up & Design. SWorld-NetAkhatAV, 2020



ÜBER DIE AUTOREN / ABOUT THE AUTHORS

1. *Bezushko Denys*, Odessa National Maritime University, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 14*
2. *Bilous Rostyslav Vitaliiovich*, Ukraine, student - *Chapter 6 (co-authored)*
3. *Bondareva Valentina Sergeevna*, Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Ukraine - *Chapter 13 (co-authored)*
4. *Borysova Tatiana Mikhailovna*, Ternopil National Economic University, Ukraine, Doctor of Economic Sciences, docent - *Chapter 11 (co-authored)*
5. *Chernyshova Anna Nikolaevna*, Far Eastern Federal University, Russia, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 3 (co-authored)*
6. *Bozhko Svetlana Dmitrievna*, Far Eastern Federal University, Russia, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 3 (co-authored)*
7. *Cherniuk Volodymyr*, National University "Lviv Polytechnic", Catholics University of Lublin named after John Paul II, Poland, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 15 (co-authored)*
8. *Chervonyi I.F.*, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 1 (co-authored)*
9. *Choporov Oleg Nikolaevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 7 (co-authored)*
10. *Dovbenko V.V.*, Ukraine, graduate student - *Chapter 1 (co-authored)*
11. *Ershova Tatyana Anatolyevna*, Far Eastern Federal University, Russia, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 3 (co-authored)*
12. *Ferdman Hennadiy Petrovich*, Research Center of the Armed Forces of Ukraine "State Oceanarium" of the Institute of Naval Forces of the National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine, PhD in Public Administration, senior researcher - *Chapter 8*
13. *Khara Maryna*, Pryazovskyi State Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 10 (co-authored)*
14. *Klimenko Yuriy Alexeevich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, graduate student - *Chapter 7 (co-authored)*
15. *Kolesnikova Tatiana Nikolaevna*, Prydniprovskya State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 12 (co-authored)*
16. *Kvitka Nataliia Y.*, National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine, applicant - *Chapter 2*
17. *Lvovich Igor Yakovlevich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 7 (co-authored)*



18. *Lvovich Yakov Evseevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 9 (co-authored)*
19. *Lyamzin Andrey*, Pryazovskyi State Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 10 (co-authored)*
20. *Monastyrskiy Grygoryi Leonardovich*, Ternopil National Economic University, Ukraine, Doctor of Economic Sciences, Professor - *Chapter 11 (co-authored)*
21. *Myronenko Oksana Vasylivna*, Donetsk National Medical University, Ukraine, PhD in Physics and Mathematics, Senior Lecturer - *Chapter 5*
22. *Nykolyn Petro Mykhailovych*, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine, applicant, - *Chapter 4 (co-authored)*
23. *Nykolyn Uliana Mykhailivna*, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 4 (co-authored)*
24. *Orel Vadym*, National University "Lviv Polytechnic", Ukraine, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 15 (co-authored)*
25. *Pakhomova Victoria Nikolaevna*, Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 13 (co-authored)*
26. *Preobrazhenskiy Andrey Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Doctor of Technical Sciences, docent - *Chapter 7 (co-authored), Chapter 9 (co-authored)*
27. *Preobrazhenskiy Yuriy Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 9 (co-authored)*
28. *Romaniuk Yurii Fedorovych*, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 4 (co-authored)*
29. *Sakno Olha Petrovna*, Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 12 (co-authored)*
30. *Skaballanovich Tatyana Ivanovna*, Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Ukraine, Senior Lecturer - *Chapter 13 (co-authored)*
31. *Solomchak Oleh Volodymyrovych*, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - *Chapter 4 (co-authored)*
32. *Verkhovliuk A.M.*, FTIMS NAS of Ukraine, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 1 (co-authored)*
33. *Vietrov Oleh Stanyslavovych*, Vasyl Stus Donetsk National University, Ukraine, master, Senior Lecturer - *Chapter 6 (co-authored)*



Inhalt / Content

CHAPTER 1. PROCESSING OF ALUMINUM SLAG

Introduction	9
1.1. Aluminum technology.....	11
1.2. Processing of aluminum slag	16
1.3. Investigation of metallurgical yield of aluminum from foundry slag.....	24
1.4. Analysis of aluminum samples	32
Conclusions	36

CHAPTER 2. SELECTION OF OPTIMAL FORM OF ROLL CALIBER FOR PLUGLESS CONTINUOUS LONGITUDINAL TUBE ROLLING

Introduction	37
2.1. Advantages and disadvantages of known calibers.....	37
2.2. Selecting the rational form of three radius roll caliber	44
2.3. Comparison of caliber parameters	47
Conclusions	52

CHAPTER 3. TECHNOLOGY OF EMULSION CREAMS WITH FUNCTIONAL INGREDIENTS FOR CATERING

Introduction	53
3.1. Screening of functional ingredients	54
3.2. Influence of the whipping speed on the microstructure of the emulsion	
Conclusions	56
3.3. Determination of the permissible ranges of the content of fillers and stabilizers in the formulations of creams	57
3.4. Development of cream technology and their expertise.....	59
Conclusions	61

CHAPTER 4. IMPACT OF REACTIVE POWER COMPENSATION MODE ON CALCULATION OF ELECTRICITY LOSSES IN POWER NETWORKS OF OIL AND GAS COMPLEX

Introduction	63
4.1. Research methodology	64
4.2. Analysis of the dependence of the time of the largest losses on the power of the CP.....	66
Conclusions	71

CHAPTER 5. CURRENT STATE AND PROSPECTS OF INTEGRATION OF ROBOTICS AND MEDICINE

Introduction	73
1.1. The use of robotics in world medicine.....	74
1.2. Robotics in modern occupational therapy.....	76
1.3. Robotics in medical education	77
Conclusions	79



CHAPTER 6. CORRECTNESS OF COMPUTER PROGRAMS FOR CALCULATING AS A PROFESSIONAL PREPARATION FOR FUTURE IT SPECIALISTS

Introduction	81
6.1. Standard format for the representation of floating-point numbers	83
6.2. The fallacy of computer calculations and Fermat's Great Theorem	85
6.3. Manipulation of the fractional part	88
6.4. Example of Z. Ramp and the sequence of J.-M. Müller.	92
Conclusions	95

CHAPTER 7. FEATURES OF REGULATION OF ENERGY FACILITIES

Introduction	97
7.1. Basic terms and definitions	98
7.2. Varieties and properties of ACR	100
7.3. The concept of sustainability of energy systems	103
Conclusions	106

CHAPTER 8. SOME PROPOSALS FOR THE ESTABLISHMENT OF INNOVATIVE TRANSPORT SAFETY CLUSTERS IN UKRAINE

Introduction	107
8.1. Fundamentals of transport safety of Ukraine	108
8.2. Some problems of innovation activity in Ukraine	109
8.3. Innovation policy of Ukraine	111
8.4. Experience of creation and functioning of innovative systems of the advanced countries of the world	113
8.5. Proposals for the creation of innovative transport safety clusters in Ukraine	115
Conclusions	118

CHAPTER 9. FEATURES OF PROTECTION OF INFORMATION IN INFORMATION SYSTEMS

Introduction	119
9.1. Model of a potential intruder.....	119
9.2. Methods of fraud in information systems	120
9.3. Goals and objectives of information protection in IP	123
9.4. Principles of organization of data security systems (DSS) IS	124
Conclusions	126

CHAPTER 10. WASTE LOGISTICS AS A FACTOR DETERMINING AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SPACE FOR A UNIT OF SOCIETY

Introduction	127
--------------------	-----



10.1. Waste logistics as a factor that determines the safety of environmentally friendly space on the example of the environment of the road network of industrial zones of Mariupol	128
10.2. Features of renewal of potential of a unit of a society in the conditions of an ecological framework of the environment of a street and road network of industrial zones	133
Conclusions	136

CHAPTER 11. CLASSIFICATION OF SOCIAL EFFECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF PUBLIC TRANSPORT ENTITIES

Introduction	137
11.1. Nature of the category of “social effect”	138
11.2. The factors that affect social effect	138
11.3. The classification of social effects	139
11.4. The method for estimating the social effects	141
11.5. Sustainable development factors that most significantly affect the performance of public transport entities	142
Conclusions	143

CHAPTER 12. MODELING VARIABILITY OPERABLE STATE OF VEHICLE TO INCREASE TRAFFIC SAFETY USING THE METHOD OF FUNCTIONAL RESONANCE ANALYSIS

Introduction	144
12.1. Characteristic of FRAM functional units of transport process	145
12.2. Modeling variability operable state of vehicle.....	146
Conclusions	150

CHAPTER 13. DETERMINATION OF ROUTES IN THE COMPUTER NETWORK OF RAILWAY TRANSPORT BASED ON ANT ALGORITHM

Introduction	151
13.1. Statement of the problem	152
13.2. Mathematical apparatus	153
13.3. General characteristics of the software model ACS_ Queen.....	154
13.4. The results of the study	156
Conclusions	157

CHAPTER 14. METHODS FOR DETERMINING QUANTITY AND QUALITY OF PARAMETERS BY INFORMATION MODEL OF A STRUCTURE TO ENSURE RELIABILITY

Introduction	159
14.1. Ways to determine the importance of information	161
14.2. Methods for determining the completeness of information	164



14.3. Methods for determining the parameters of adequacy and aging of information 165
Conclusions 169

CHAPTER 15. INFLUENCE OF DILUTE SOLUTIONS OF POLYACRYLAMIDE AND NOZZLE TO PIPE CROSS-SECTION RATIO ON NON-UNIFORMITY OF WATER OUTFLOW ALONG THE PATH IN PRESSURE DISTRIBUTING PIPELINE

Introduction 170
15.1. The decision of the experiment 171
15.2. Analysis of research results 172
Conclusions 176
References 177



KAPITEL 1 / CHAPTER 1. PROCESSING OF ALUMINUM SLAG

ПЕРЕРАБОТКА АЛЮМИНИЕВОГО ШЛАКА
ПЕРЕРОБКА АЛЮМІНІЄВОГО ШЛАКУ

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-080

Вступ

Алюміній - легкий метал сріблясто-білого кольору, легко піддається формуванню, литтю та механічній обробці. Алюміній має високу тепло- та електропровідність, а також стійкість до корозії. Алюміній є елементом 13-ї групи періодичної таблиці хімічних елементів з атомним номером 13. Алюміній належить до групи легких металів і є найбільш поширеним металом - третій метал за поширеністю хімічних елементів в земній корі (після кисню і кремнію).

Пройшовши довгий шлях, від Плінія Старшого (перше століття нашої ери) і до кінця 19 століття, вже у 20 столітті алюміній почав широко застосовуватися в промисловості не тільки у вигляді чистого металу, а й у вигляді різноманітних сплавів і з'єднань [1].

Відповідно до довідкових даних [1, 2], вперше алюміній був отриманий датським фізиком Гансом Ерстед в 1825 році. Він відновив хлорид цього елемента амальгамою калію при нагріванні і виділив метал. Пізніше спосіб Ерстеда був поліпшений Фрідріхом Велером, який використовував для відновлення хлориду алюмінію до металу чистий металевий калій, і він же описав хімічні властивості алюмінію.

Напівпромисловим способом вперше алюміній отримав в 1854 р. Сент-Клер Девіль за методом Велера, замінивши калій на більш безпечний натрій. Рік по тому на Паризькій виставці 1855 року він продемонстрував злиток металу, а в 1856 р отримав алюміній електролізом розплаву подвійної солі хлориду алюмінію-натрію. Промисловий спосіб отримання металу електролізом розплаву Al_2O_3 в криоліті розробили незалежно один від одного Ч. Хол і П. Еру в 1886 р.

До розвитку широкомасштабного промислового електролітичного способу отримання алюмінію з глинозему цей метал був дорожче золота. У 1889 році британці, бажаючи вшанувати багатим подарунком російського хіміка Д. І. Менделєєва, подарували йому аналітичні ваги, у яких чашки були виготовлені з золота і алюмінію.



В даний час промислове виробництво алюмінію значно зросло і світовий обсяг виробництва зростає на 4...5 %. Так, в 2018 р. світовий об'єм виробництва алюмінію склав 64,4 млн. т, але в 2019 р., за об'єктивних умов – світове зниження загального виробництва, обумовлене пандемією COVID-19, об'єм виробництва зменшився на 1,0 % [3]. При цьому вже в 2020 році аналітичними службами прогнозується збільшення обсягу виробництва до 80 млн. т (рис. 1). [4].

На Україні щорічно виробляється 210 тис. т алюмінію. Близько 100 тис. тон проводиться методом вторинного переплавлення алюмінієвого брухту [5]. Постійне зростання обсягу виробництва алюмінію обумовлене розширенням його застосування в народному господарстві і удосконаленням технології отримання чистого алюмінію.

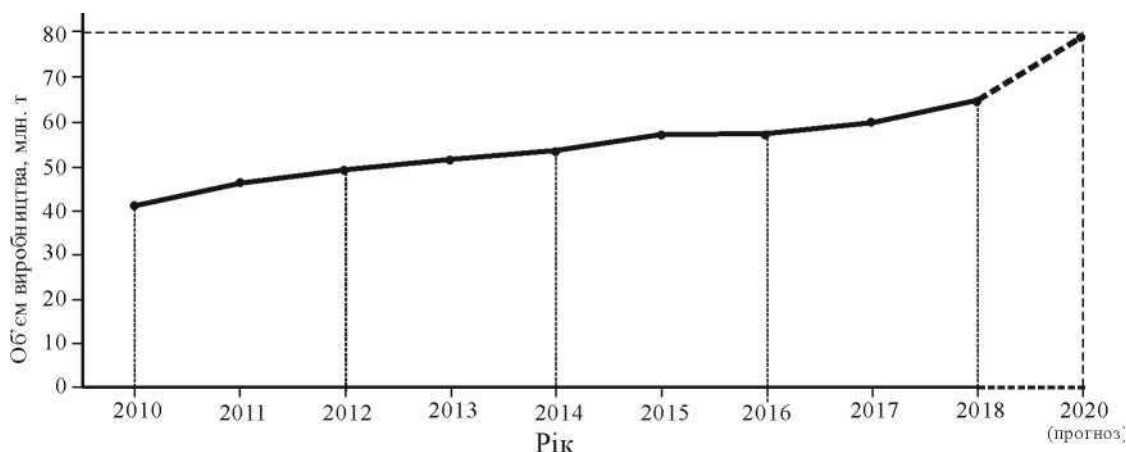


Рис. 1. Світовий об'єм виробництва алюмінію [4]

Постійне зростання обсягу виробництва алюмінію обумовлене розширенням його застосування в народному господарстві і удосконаленням технології отримання чистого алюмінію. Технічний прогрес сприяв високому рівню споживання алюмінію.

Згідно даних [4], застосування алюмінію по галузях промисловості виглядає наступним, %: Транспорт -26,5; Будівництво - 25,3; Електротехніка - 14,2; Машинобудування - 9,0; Фольга алюмінієва - 8,0; Упаковка товарів - 7,7; Споживчі товари - 4,5; Інші галузі - 4,9.

Наведені дані про динаміку розвитку виробництва алюмінію характеризують і динаміку споживання алюмінію на душу населення. Нижче наводиться динаміка споживання алюмінію на душу населення в економічно розвинених країнах (рис. 2).

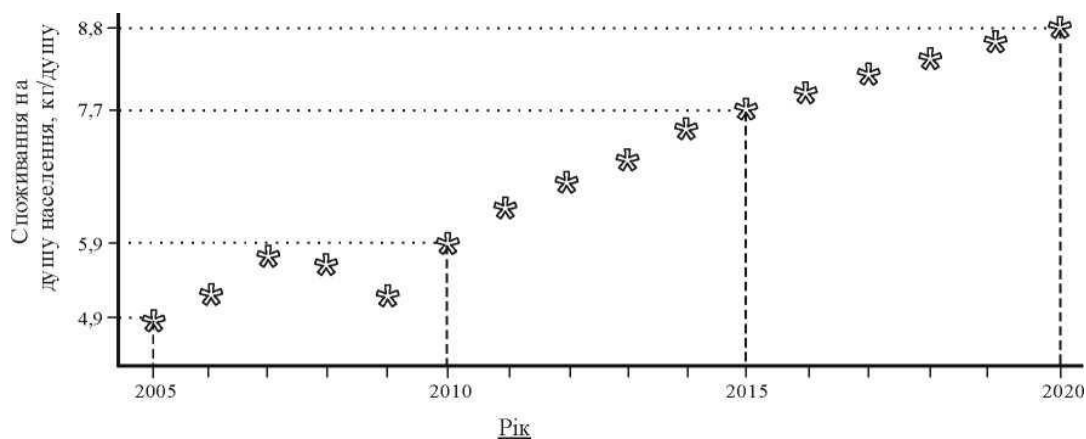


Рис. 2. Споживання алюмінію в економічно розвинених країнах на душу населення [4]

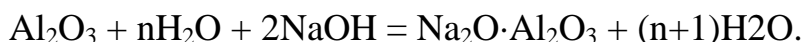
1.1. Технологія алюмінію

Для забезпечення промисловості і споживчого попиту в даний час алюміній виробляють за двома технологічними напрямками:

- виробництво первинного алюмінію - переробка рудної сировини, яка містить алюміній;
- виробництво вторинного алюмінію - переробка алюмінієвого брухту і відходів з отриманням очищеного алюмінію, який може застосовуватися в різних галузях промисловості і задовольняти споживчий попит.

Виробництво первинного алюмінію. Основною сировиною для виробництва первинного алюмінію в даний час є алюмінієва руда - боксити. Боксити - це глиниста гірська порода, яка складається з гідроксиду алюмінію з домішкою оксидів заліза, кремнію, титану, сірки, галію, хрому, ванадію, карбонатних солей кальцію, заліза і магнію. При оцінці переробки бокситів встановлено, що на одну тону чистого алюмінію потрібно від 4 до 5 т бокситу.

Найбільш продуктивним способом виробництва глинозему є спосіб Байєра. Спосіб Байєра заснований на вилуговуванні оксиду алюмінію Al_2O_3 за реакцією



Скорочену технологічну схему способу Байєра можна представити таким чином:

- видобуток алюмінієвої руди - бокситу;
- дроблення і мокрий помел бокситу;
- вилуговування бокситу в автоклавах;
- розведення автоклавної пульпи;



- згущення пульпи і відділення червоного шламу (червоний шлам - тверді відходи процесу вилуговування, що містять оксиди металів і елементів; червоний колір створює присутність оксидів заліза);

- отримання освітленого алюмінатного розчину;

- декомпозиція - розкладання алюмінатного розчину з виділенням гідроксиду алюмінію $Al(OH)_3$ в осад (для цього алюмінатний розчин розбавляють водою, з метою зниження концентрації $NaOH$, і охолоджують; при цьому утворюється осад у вигляді дрібних кристалів гідроксиду алюмінію);

- згущення пульпи гідроксиду алюмінію і відділення його від розчину;

- промивка гідроксиду алюмінію;

- кальцинація - процес повного зневоднення гідроксиду алюмінію за високої температури і отримання глинозему - Al_2O_3 ;

- глинозем - Al_2O_3 ;

Отриманий глинозем надається до електролізу для отримання чистого алюмінію.

Слід зазначити одну важливу економічну особливість виробництва алюмінію. Технологічний процес виробництва первинного алюмінію є енергоємним і вимагає значних витрат. Наприклад, в Німеччині для переробки алюмінієвої руди і отримання первинного алюмінію витрачається не менше 15 МВтгод. електроенергії. В інших країнах показник необхідної для споживання енергії може бути значно вище. У той же час при переробці вторинної алюмінієвої сировини витрачається всього 5 % енергії для переробки рудної сировини [6].

Металургія вторинного алюмінію. Вторинний алюміній - це лом і відходи процесу переробки первинного алюмінію. До категорії вторинного алюмінію відносять штучні відходи механічної або ливарної обробки, листи і труби, стружку, а також оборотні шлаки і сплеси (близьки розплаву) [7, 8]. Переробка вторинного алюмінію, згідно даних роботи [9], забезпечує до 35 % світового об'єму виробництва алюмінію.

Переробка вторинного алюмінію в даний час відокремилися в самостійну галузь промисловості, яка називається вторинна металургія, а в даному випадку - вторинна металургія алюмінію. Завданням вторинної металургії алюмінію є промислова переробка брухту, відходів, шлаків та інших видів вторинної сировини.



Відповідно до аналітичного огляду світового виробництва і споживання алюмінію, в даний час обсяг виробництва вторинного алюмінію складає приблизно 30 % від загального світового виробництва алюмінію. При цьому наголошується, що частка вторинного алюмінію продовжує збільшуватися [10, 11].

Переробка вторинного алюмінію включає два етапи:

- на першому етапі проводять сортування вторинної сировини, сушку брухту і відходів, стружки, флюсів, шлаків та інших видів вторинної сировини;
- на другому етапі проводиться металургійна переробка вторинної сировини, яка включає плавку в плавильних печах.

Види вторинного алюмінієвого сировини наведені на рис. 3 [11].

На першому етапі особлива увага приділяється очищенню брухту і відходів від механічних забруднень і оксидів. При цьому проводиться сепарація брухту і відходів за видами вторинної алюмінієвої сировини. Застосування технології дроблення дозволяє проводити подрібнення брухту і відходів та проводити механічну або магнітну сепарацію. Для виконання операції дроблення і подрібнення застосовують різноманітні різні конструкції дробарок.

Найбільшого поширення набули конусні, молоткові і ножові дробарки. Застосовуються також і млини для послідовного дроблення, і подрібнення матеріалу. Зменшується час сушіння матеріалу видаляє вологу з поверхні матеріалу і забезпечує зниження втрат вторинної сировини і підвищити безпеку металургійної плавки.

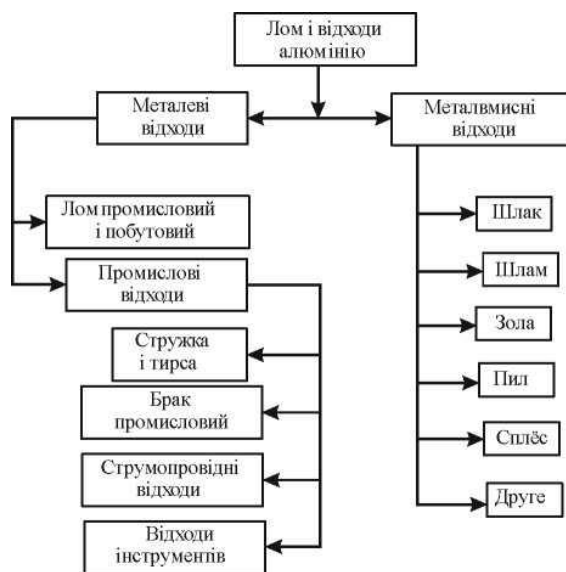


Рис. 3. Види вторинного алюмінієвого сировини [11]



Металургійна переробка брухту і відходів проводиться в різних металургійних печах. Завданням металургійного етапу є забезпечення максимального витягу алюмінію з підготовленого матеріалу. Плавку вторинного алюмінію виробляють в печах різної конструкції - в одно- або двокамерних печах з електричним і газовим нагріванням, а також в печах з індукційним нагріванням або в печах з магнітогідродинамічними пристроями.

В даний час широко використовуються роторні коротко барабанні печі з похилою віссю обертання. Обертання таких печей забезпечує хорошу змочуваність розплавом фрагментів брухту і перемішування розплаву з інтенсифікацією фізико-хімічних процесів.

Рафінування під шаром флюсу. Переробка вторинного алюмінію виконується під шаром рафінуючи флюсу, який захищає окислення розплаву, поглинає утворилися в результаті хімічної взаємодії оксиди і очищає розплав алюмінію. Матеріал флюсу вибирається таким, щоб він не вступав в хімічну взаємодію з футеровкою печі, з розплавом алюмінію, мав температуру плавлення нижче температури плавлення алюмінію і повинен був мати щільність нижче, ніж щільність розплаву алюмінію. Основним компонентом рафінуючи флюсу в даний час є суміш хлоридів натрію і калію ($\text{NaCl} + \text{KCl}$) і кріоліту - Na_3AlF_6 . Модель механізму рафінуючи дії флюсу досить наочно представлена в роботі [12].

Після створення в печі розплаву, на поверхню розплаву завантажується флюс. Новоутворена на поверхні розплаву оксидна плівка покривається флюсом і поглинається їм. Наявні в розплаві неметалеві включення обволікаються флюсом спливають і також поглинаються флюсом. Спливаючи, неметалеві включення захоплюють з собою і частинки (краплі) розплаву алюмінію і флюс наповнюється краплями алюмінію, і переходить вже в шлак.

Після витримки, розплав зливається з плавильної ванни, а шлак, збагачений алюмінієм, направляється на додаткову переробку з метою вилучення алюмінію. Відповідно до даних роботи [13], вміст алюмінію в шлаках може досягати 60 % від кількості шлаку після процесу рафінування. Такий шлак є додатковим джерелом надходження алюмінію при переробці вторинного алюмінію. Гідністю такого методу є простота виконання технологічної процедури, але не забезпечується повнота витягу алюмінію, що є недоліком процесу

На даний час в промисловості застосовуються багато розроблених методів



і способів переробки алюмінієвого шлаку. До них можна віднести кислотно-лужний способи [14], сульфатний спосіб виробництва сульфату алюмінію $Al_2(SO_4)_3$ для водоочищення та обробки питних і промислових вод [5, 15-17], електродугової переплав алюмінієвого шлаку в однофазної електродугової печі змінного струму [18].

Суттєвий ріст використання алюмінієвих виробів приводить до накопичення відходів, які використовують для виробництва вторинних алюмінієвих сплавів. В порівнянні з первинним металом витрати на їх виробництво набагато нижчі. Переробку шлаків та стружки, що утворюються в процесі лиття і обробки з алюмінієвих сплавів виконують на спеціалізованих підприємствах [19].

Ливарний алюмінієвий шлак утворюється в поверхневому шарі і представляє собою суміш піни, яка містить продукти взаємодії алюмінію з компонентами повітря. Перед впусканням плавки шлак видаляється. Вміст чистого металу (або сплаву) в ньому за різними даними знаходиться в межах 7...10 % мас. дол. металічного алюмінію, 70...75 % мас. дол. оксиду алюмінію і різних домішок [20, 21].

Переробку такого типу шлаку проводять на підприємствах кольорової металургії. Процес в основному складається з наступних стадій: а) подрібнення шлаку; б) фракційне його розділення; в) водяне вилуговування подрібненого шлаку; г) фільтрування розчину з метою розділення розчину солі та твердого залишку; д) випаровування твердого розчину; ж) сушіння; з) випалювання твердого залишку [22-26].

Як вказано вище, легкий алюмінієвий брухт важко ефективно плавити, і він дуже легко окислюється. Незахищені розвинені алюмінієві поверхні швидко окислюються на повітрі навіть при температурі навколишнього середовища. При впливі високих температур, процес окислення значно прискорюється. Тому, однією з найбільш поширених технологій переробки алюмінієвих відходів є процес, пов'язаний із захистом алюмінієвого брухту від окислення, наприклад, зануренням роздробленої суміші в розплав алюмінію [27-29].

Для зменшення витрат на переробку часто використовують пресування гарячих шлаків безпосередньо після забору їх з дзеркала плавильної печі [30].

Згідно з такою технологією гарячий шлак завантажують в форму і здавлюють під пресом. Вичавлений розплав алюмінію стікає в металеву форму



і твердне. Для переробки отриманого після здавлювання залишку у вигляді спресованої кірки потрібні менші витрати. Однак, застосування даного прийому лише частково вирішує проблему переробки алюмінієвих шлаків і зменшення їх частки. Метод також не дозволяє відокремлювати алюміній при переробці холодних шлаків.

Технологія одержання алюмінію шляхом відновлення ливарних шлаків дозволяє суттєво зменшити кількість відходів, понизити затрати електроенергії на виробництво виливок.

1.2. Переробка алюмінієвих шлаків.

Зростаючий попит на алюміній і його сплави обумовлює пошук шляхів поповнення його запасів шляхом більш ефективного та економічного вилучення алюмінію, як з бідних шлаків, так і шляхом переробки алюмінієвої сировини з високим відношенням площі поверхні до ваги. Наприклад, при обробці деталей утворюється стружка, вага якої становить від 3 до 10 % від загальної маси оброблюваних деталей. Стружка, має невелику щільність в порівнянні з розплавленим металом, і ця обставина ускладнює її переплавку через швидке окислення стружки при контакті з гарячим повітрям.

Також вимагають глибокої переробки алюмінієві шлаки, які у вигляді так званих зборів накопичуються при первинному отриманні алюмінію. Залежно від вмісту в них частки алюмінію збори класифікують як пінки - вміст алюмінію >45 %, або як дроби - вміст алюмінію <45 %.

Ще одна група алюмінієвих шлаків утворюється при вторинному виробництві алюмінію з алюмінієвого скрапу, а саме, в даному випадку ще в більшому обсязі. Оскільки в рамках процесів, що використовуються для отримання вторинного алюмінію, додаються соляні суміші, що складаються з NaCl і KCl, відбувається утворення так званих алюмінієвих соляних шлаків, в яких також містяться регенеровані частки алюмінію.

Значний обсяг алюмінієвих шлаків утворюється на ливарних підприємствах, що працюють за технологією бесфлюсової плавки алюмінієвих сплавів. Шлаки можуть містити від 20 до 80 % металу. Фактично вони представляють збори, які складаються з суміші металу, і оксидів. Сюди також можна віднести настил з розливних ковшів і піну, що утворюється при



переливанні алюмінію.

Як показано вище, легкий алюмінієвий брухт важко ефективно плавити, і він дуже легко окислюється. Незахищені розвинені алюмінієві поверхні швидко окислюються на повітрі навіть при температурі навколишнього середовища. При впливі високих температур, процес окислення значно прискорюється. Тому, однією з найбільш поширених технологій переробки алюмінієвих відходів є процес, пов'язаний із захистом алюмінієвого брухту від окислення, наприклад, зануренням роздробленої суміші в розплав алюмінію.

Способи та апарати, що реалізують цю технологію, наведені в роботах [31-33]. Однак, описані в них технологічні прийоми ефективні для алюмінієвих відходів, що містять не більше 7 % оксидів, наприклад, таких як алюмінієва стружка.

Метод пресування шлаків. У роботі [34] запропоновано метод пресування гарячих шлаків безпосередньо після забору їх з дзеркала плавильної печі. Згідно з розробленою технологією гарячий шлак завантажують в форму і здавлюють під пресом. Вичавлений розплав алюмінію стікає в ізложницю і твердіє. Для переробки отриманого після здавлювання залишку у вигляді спресованої кірки потрібні менші витрати. Однак, застосування зазначеного прийому лише частково вирішує проблему переробки алюмінієвих шлаків і зменшення їх частки. Метод також не дозволяє відокремлювати алюміній при переробці холодних шлаків. Метод пресування гарячого шлаку забезпечує підвищення продуктивності процесу і отримання чистого алюмінію. Однак повного вилучення алюмінію перешкоджає складна структура шлаку, яка утримує захоплені частинки рідкого алюмінію.

Електрошлаковий спосіб переробки шлаку. Відомий також спосіб переробки алюмінієвого шлаку [35] в електрошлаковій печі постійного струму, що має тигель з нижнім електродом в якості катоду і верхнім електродом в якості аноду. Кріоліт (Na_3AlF_6) і оксид алюмінію (Al_2O_3) завантажують в тигель електрошлакового печі і розплавляють, потім в отриманий рідкий розплав (електроліт) подрібнюють алюмінієвий шлак (механічна суміш Al_2O_3 і металевого алюмінію) і кріоліт, додаються порціями по мірі плавлення і розчинення їх в електроліті.

Витяг рідкого металу з алюмінію відбувається на дні тигля, в області катоду, а витяг вторинного шлаку у вигляді суміші кріоліту і глинозему відбувається в області аноду. Таким чином, застосування електрошлакової печі



забезпечує плавлення і розчинення алюмінієвого шлаку при температурі в діапазоні від 800 до 2000 °С. Застосування електрошлакового переплаву для переробки алюмінієвих відходів не пов'язане з використанням з'єднань, що містять хлор та фтор, і в цьому відношенні електродугові печі, є найбільш переважними.

Переробка шлаку в електродугової печі. Для переробки металевого брухту запропоновано також спосіб плавки в печі електродуги, описаний в роботі [36]. Процес передбачає електродугову піч, в якій міститься, щонайменше, один електрод, і є система для видування газу вниз в простір печі в околицях електрода. Порошок або дрібно гранульована тверда речовина вдувається в простір печі разом з газом. Крім того, система для видування газу вниз забезпечена спеціальними турбулізаторами. Їх наявність, на думку авторів, значно покращує роботу печі, однак, також, як і в інших відомих раніше конструкціях дугових печей, регулювання довжини електричної дуги проводиться шляхом переміщення електрода. У той же час, механічна інерція негативно впливає на стабільність горіння дуги і викликає аномальні поштовхи струмового навантаження.

Використання електротермічної установки для переробки шлаку. Для досягнення економічного і технологічного способу переробки алюмінієвих шлаків, поліпшення екологічної обстановки в процесі його вилучення розглядається спосіб переробки алюмінієвого шлаку в електротермічній установці, опис пристрою якої наведено нижче (рис. 4) [37].

Установка складається з плавильної накопичувальної печі 1, в якій накопичується і осереднюється розплавлений алюмінієвий сплав 19. Піч закривається тепло ізолюючою кришкою 2. Над плавильною накопичувальною піччю 1 розташовують збірний реакторний блок, який представляє електродугову вакуумну камеру 7. Блок електродугової вакуумної камери 7, складений з керамічного стакану 16 і сталеві планшайби 8. Стакан 6 герметично кріпиться до планшайби 8 і додатково ізолюється вогнетривкою ватою 6, що розташована усередині обичайки 5. Дно керамічного стакану 16 містить вбудовані вогнетривкі патрубки 3 і 18, які виконують функції трубопроводів.

Трубопровід 18 є першим нагнітаючим трубопроводом і на ньому встановлено нагнітаючий лінійний асинхронний статор 17, а трубопровід 3 є другим трубопроводом, який відкачує за допомогою лінійного асинхронного



статора 4. У центральній частині електродугової вакуумної камери 7 встановлений електрод 10. Електроживлення на електрод здійснюється від однофазного силового трансформатора, вторинна обмотка якого приєднується одним кінцем до електроду, а другим контактує з розплавленим алюмінієм 19, який накопичується в печі 1. При роботі змінний струм від силового трансформатора може бути поданий на електрод 10 і пропущений по трубопроводах в розплав, що знаходиться в печі.

Зокрема, змінний струм може бути використаний для резистивного нагрівання потоку розплаву до температур, що становлять в межах інтервалу від ~ 1820 до ~ 2250 °С, для сприяння отриманню металевого алюмінію.

Для подачі шлакової маси 13 у внутрішній простір камери 7 на планшайбі 8 змонтований електромеханічний шнековий дозатор 11. Завантаження шлакової маси здійснюють в герметичний бункер 12, і потім по трубопроводу 14 шлак надходить в шнековий дозатор. Зверху на планшайбі 8 встановлений датчик 9 газового тиску, який дозволяє контролювати газовий тиск всередині камери 7. Регулювання величини газового тиску всередині електродугової камери здійснюють за допомогою електромагнітного клапана 15 пов'язаного з цеховою системою відкачування вакууму.

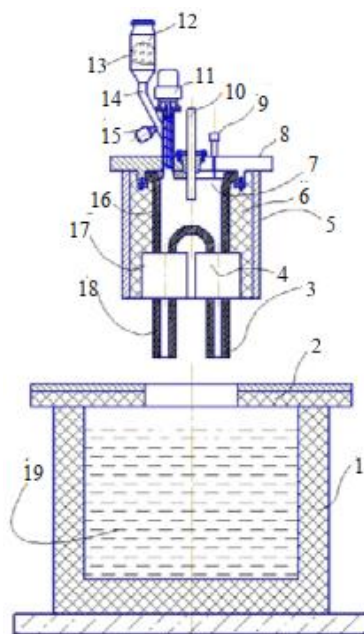


Рис. 4. Схема установки для отримання алюмінію з ливарного шлаку і відходів

1 - плавильна накопичувальна піч; 2 теплоізолююча кришка; 3 і 18 - вогнетривкі патрубки; 4 - відкачує лінійний асинхронний статор; 5 - обичайка; 6 - вогнетривка вата; 7 - електродугова вакуумна камера; 8 - сталева планшайба; 9 - датчик; 10 - електрод; 11



- електромеханічний шнековий дозатор; 12 - герметичний бункер; 13 - шлакова маса; 14 - трубопровід; 15 - електромагнітний клапан 16 - керамічний стакан; 17 - нагнітає лінійний асинхронний статор; 19 - розплав алюмінієвого сплаву

Процес переробки алюмінієвого шлаку в електротермічною установці здійснюють наступним чином.

Перед початком роботи модуль електродугової камери 7 опускають на кришку 2, при цьому кінці трубопроводів занурюються в розплавлений алюміній, що знаходиться в печі 1 (рис. 5). Після занурення трубопроводів в розплав включають систему відкачування газу і за допомогою датчика 9 контролюють величину тиску всередині робочого простору електродугової камери.

У процесі зниження газового тиску всередині камери 7 розплавлений метал піднімається по трубопроводах у внутрішній простір камери, потоки розплаву всередині камери зливаються, і при цьому формується замкнутий гідравлічний контур 20. Для дотримання умов підтримки довжини електричної дуги 21 між електродом і поверхнею розплавленого металу, в процесі всмоктування розплаву з печі, безперервно управляють і підтримують необхідну величину газового тиску всередині камери.

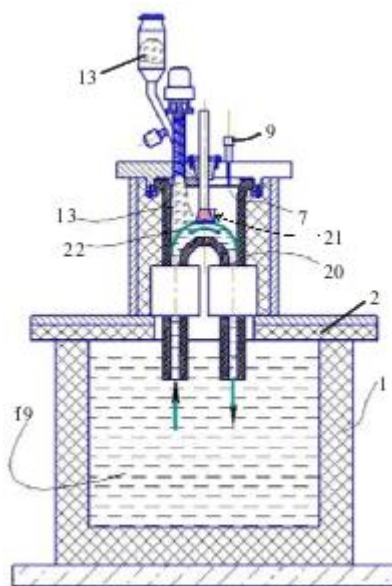


Рис. 5. Схема, що працює установки для отримання алюмінію з ливарного шлаку і відходів

1 - плавильна накопичувальна піч; 2 теплоізолююча кришка; 7 - електродугове вакуумна камера; 9 - датчик; 13 - шлакова маса; 19 - розплав алюмінієвого сплаву; 20 - замкнутий гідравлічний контур; 21 - електрична дуга; 22 - поверхня алюмінієвого розплаву

Після того як розплав алюмінію піднявся в камері на необхідну висоту і зафіксовано необхідну відстань 21 см між кінцем електроду і поверхнею роз-



плаву включають лінійний асинхронний статор 17 і одночасно відкачує лінійний асинхронний статор 4. Під дією електродинамічних сил, що наводяться лінійними статорами в гідравлічному контурі 20 між піччю і електродуговою камерою, порушується кругова циркуляція розплаву. Після порушення циркуляції розплаву, включають електричну дугу і на поверхню алюмінієвого розплаву здійснюють подачу шлаку 13 для його переробки. Під дією потоку розплаву шлак 13 переміщується в зону горіння дуги.

При переміщенні шлакової маси через зону горіння дуги висотою 21 см досягається її прогрів. Крім того, відбувається безперервне оновлення шлакової маси під електродом, де протікають основні фізико-хімічні процеси виділення алюмінію з шлаку. Одним з основних процесів, що сприяють виділенню алюмінію з шлаку, є катодного розпилення оксидних плівок на поверхні шлаку, що розвивається при впливі на нього електричної дуги змінного струму.

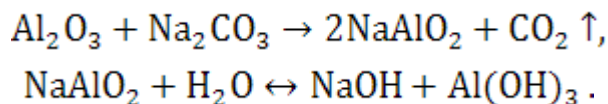
Крім цього, в дуговому проміжку розвивається процес безпосереднього відновлення металевго алюмінію з його оксидів присутніх в шлаку. У процесі горіння електричної дуги для досягнення найбільшої ефективності регулюють її довжини шляхом зміни газового тиску в електродуговій камері. При регулюванні тиску всередині камери змінюється висота розташування розплаву і відповідно змінюється довжина горіння електричної дуги.

Крім вигоди від розподілу струму при використанні процесу регулювання довжини дуги шляхом наближення або віддалення поверхні розплаву можуть бути також реалізовані й інші переваги. Наприклад, оскільки розплав здатний рухатися в напрямках вгору - вниз (наприклад, за допомогою зміни газового тиску всередині камери), то вертикальний рух інтенсифікує перемішування розплавленої ванни, що містить шлак в зоні горіння дуги.

Перевагою застосування електротермічною установки є висока ефективність відновлення алюмінію з шлаку, а також висока продуктивність процесу переробки досягається за рахунок підтримки циркуляції розплавленого металу між електродуговою камерою і накопичувальної піччю і крім цих факторів додаткового впливу на шлак високих температур в зоні горіння дуги. Установка може експлуатуватися в межах інтервалу температур від ~1910 до ~1940 °C для вилучення вуглецю з отриманого металевго алюмінію. Під час роботи установки забезпечується захист робочого простору в зоні роботи обслуговуючого персоналу. В результаті різні гази відкачуються водо кільцевим вакуумним насосом і пропускаються через систему очищення газів.



Содовий метод переробки шлаків. Для підвищення ефективності переробки шлаку в роботі [4] розглядається содовий метод, який заснований на температурно-залежних характеристиках хімічних реакцій за участю алюмінію. Механізм цього процесу заснований на зміні валентного стану алюмінію від тривалентного до одновалентного і навпаки, в залежності від температури під час хімічної реакції



Механізм даного процесу побудовано на моделі, яка описана в монографії Беляєва А.І. [13] – на зміні валентності алюмінію з трьох до одного і навпаки в залежності від температури (на утворенні субз'єднань алюмінію). Такий же процес спостерігали автори роботи [14] при Мас- спектрометричному дослідженні процесів випаровування оксиду алюмінію з вуглецем. Професор Верховлюк А.М. у роботі [15] вперше застосував модель утворення субз'єднань алюмінію для розробки механізму хімічних реакцій в процесі переробки алюмінієвого шлаку і вилучення з нього алюмінію.

При розробці механізму хімічних реакцій було розраховано, що зміна потенціалу Гіббса при утворенні одновалентного алюмінію при взаємодії алюмінію з киснем дорівнює, в залежності від температури, величини $\Delta G = -384,59 - 0,079T$ (рис. 6).

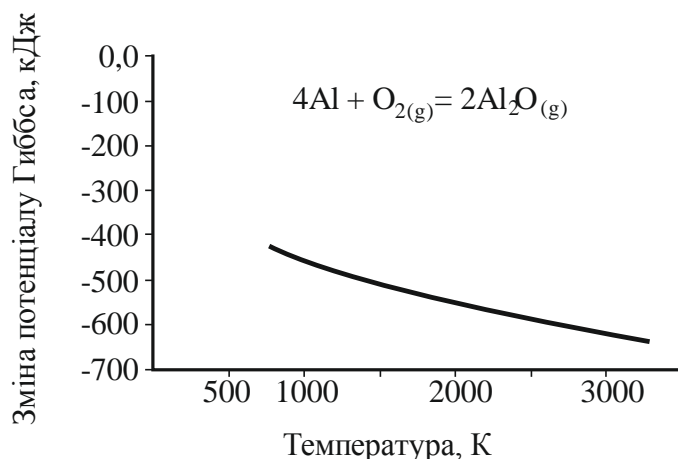


Рис. 6. Залежність зміни потенціалу Гіббса від температури при утворенні одновалентного алюмінію

Утворення двовалентного алюмінію при взаємодії алюмінію з киснем зміна потенціалу Гіббса характеризується рівнянням $\Delta G = 86,29 - 0,117T$ (рис. 7)

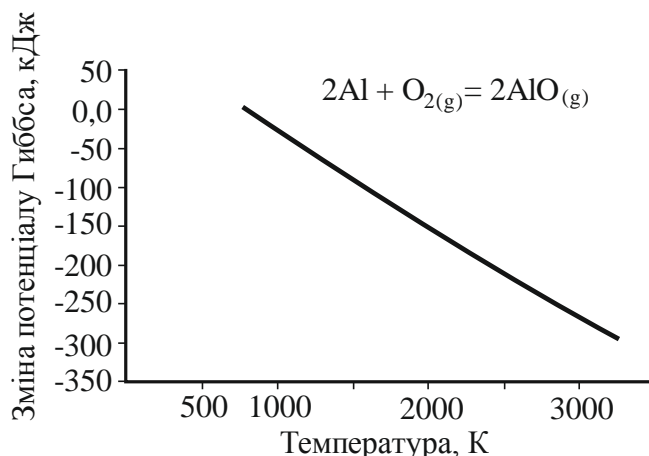
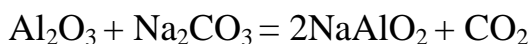
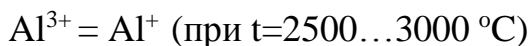


Рис. 7. Залежність зміни потенціалу Гіббса від температури при утворенні двовалентного алюмінію

Як видно, при високій температурі утворення одновалентного алюмінію більш сприятливе, ніж двовалентного.

На основі викладеного, механізм процесу вилучення алюмінію зі шлаку можна представити за допомогою наступних хімічних реакцій:



Після протікання вище представлених реакцій температуру знижують до 1000...1100 °C. При цьому оксид одновалентного алюмінію розкладається на металічний алюміній та оксид тривалентного алюмінію:



Загальна схема такого процесу наведена на рис. 8.

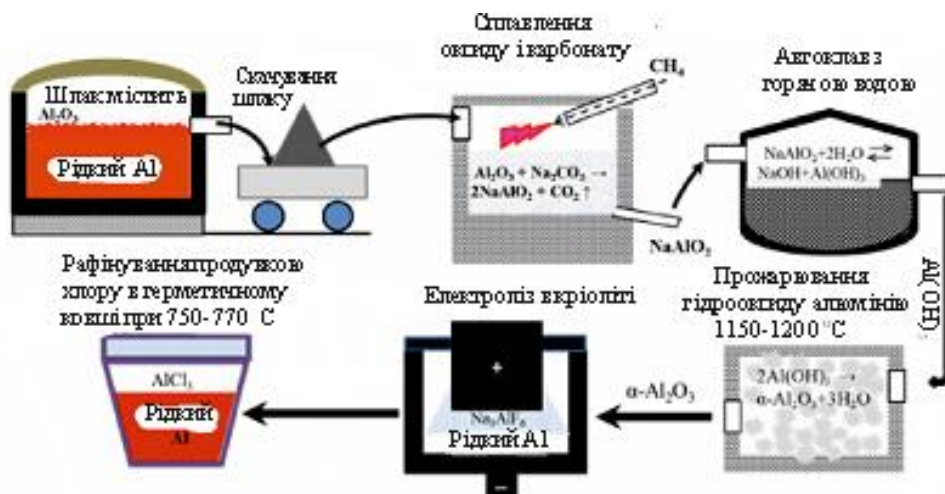


Рис.8 . Загальна схема содового методу переробки шлаків



Після обробки продуктів реакції, гідроксид алюмінію направляється на прожарювання, а отриманий глинозем - на електролітичне отримання чистого алюмінію. Перевагою содового методу є досить повне зв'язування алюмінію в стійку сіль - алюмінат натрію, що забезпечує на наступних етапах застосування добре відпрацьованих технологічних прийомів. Недоліком содового методу є утворення оксидів вуглецю та їх негативний вплив на навколишнє середовище.

1.3. Дослідження металургійного виходу алюмінію з ливарного шлаку

Підготовка зразків з ливарного алюмінієвого шлаку

Зразки ливарного алюмінієвого шлаку було одержано в результаті проведення плавок в різні періоди. Проби було відібрані в кількості 7 штук, кожна вагою біля 10 кг. Для визначення металургійного виходу алюмінію, для проведення однієї плавки використовували 300 г. ливарного шлаку.

Плавки проводили в індукційній печі. В графітовий тигель поміщали алундовий, дно між графітом та алундом футеровали за допомогою порошку з оксиду алюмінію. Після цього графітовий тигель ізолювали з зовнішньої сторони каоліновою ватою та вставляли його всередину мідної індукційної котушки, яка охолоджувалась водою. Джерелом високочастотного електричного струму, що подавався на індукційну котушку, слугував високочастотний генератор ВЧГ-15. Температуру у тиглі до початку протікання хімічних реакцій вимірювали за допомогою вольфрам-ренієвої термопари ВР 5/20. В якості реагентів використовували каустичну соду, хлорид натрію та вапно у кількості 2,0...2,2 % від маси шлаку. Шлак, Na_2CO_3 , NaCl , CaCO_3 прожарювали у муфельній печі СНОЛ-1.6.2.0.8/9-М1 при температурі 250 °С протягом однієї години для видалення вологи та органічних домішок. Просушений таким чином шлак поміщали в алундовий тигель та включали нагрів. При досягненні температури 700 °С до шлаку добавляли реагенти, які зв'язували оксиди алюмінію і кремнію в алюмінати та силікати. Після цього рідкий алюміній заливали у виливницю і після його охолодження зважували на аналітичних терезах марки. Потім готували зразки для спектрального та металографічних аналізів.

Дослідження впливу концентрації каустичної соди на металургійний вихід алюмінію з ливарного алюмінієвого шлаку



Для визначення необхідної та достатньої кількості карбонату натрію в процесі переробки шлаку алюмінієвого виробництва дослідили вплив його концентрації. Одержаний результат представлено на рис. 9. Видно, що зростання кількості добавки в суміш призводить в початковий момент до росту металургійного виходу алюмінію і уже при його вмісті біля 2,0 % крива виходить на насичення. Таким чином, було визначено необхідну кількість реагенту.

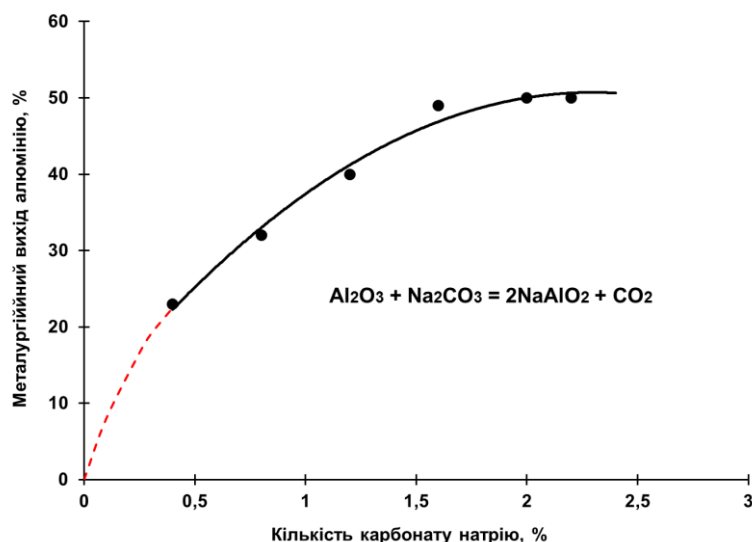


Рис. 9. Залежність між металургійним виходом алюмінію з ливарного шлаку та кількістю карбонату натрію

Хімічний аналіз твердого шлаку показав, що він в основному складається з алюмінату натрію. Було також визначено металургійний вихід алюмінію при використанні 2,0 % Na_2CO_3 . Загальний вигляд вихідної сировини, зразки алюмінію та одержаний після плавки шлак представлено на рис 10. Результати проведених дослідів наведено в табл. 1 та на рис. 11.

Таблиця 1

Вихід алюмінію з ливарного шлаку

№ зразка	Маса проби, г	Маса одержаного алюмінію, г	Склад шихти	Коефіцієнт вилучення, %
1	300	120	шлак + 2,0 % соди	40
2	300	165	шлак + 2,0 % соди	55
3	300	183	шлак + 2,0 % соди	61
4	300	126	шлак + 2,0 % соди	42
5	300	147	шлак + 2,0 % соди	49
6	300	141	шлак + 2,0 % соди	47
7	300	150	шлак + 2,0 % соди	50



Алюмінієві зразки було проаналізовано двома методами: рентгеноспектральним та електронною скануючою спектроскопією. Одержані дані наведено в таблиці 2 і на рис. 12-19. Для порівняння на рис. 11 представлено хімічний аналіз електричного алюмінієвого дроту. Як видно з таблиці та графіків, зразок під № 2 містить підвищену кількість кремнію, а зразок № 7 – заліза. Це, напевно, пов'язано з вихідною сировиною. Відомо, після зняття шлаку в багатьох випадках посипають кремнеземом. Даний факт може бути причиною збільшення концентрації Si в основному металі. Залізо могло потрапити також зовні.

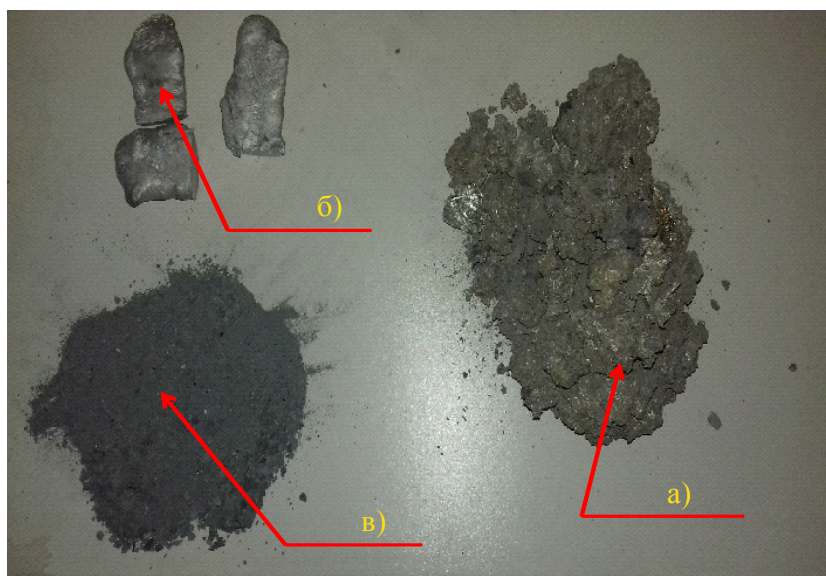


Рис. 10. Загальний вигляд вихідної сировини (а), зразки алюмінію (б) та одержаного після плавки шлаку (в)

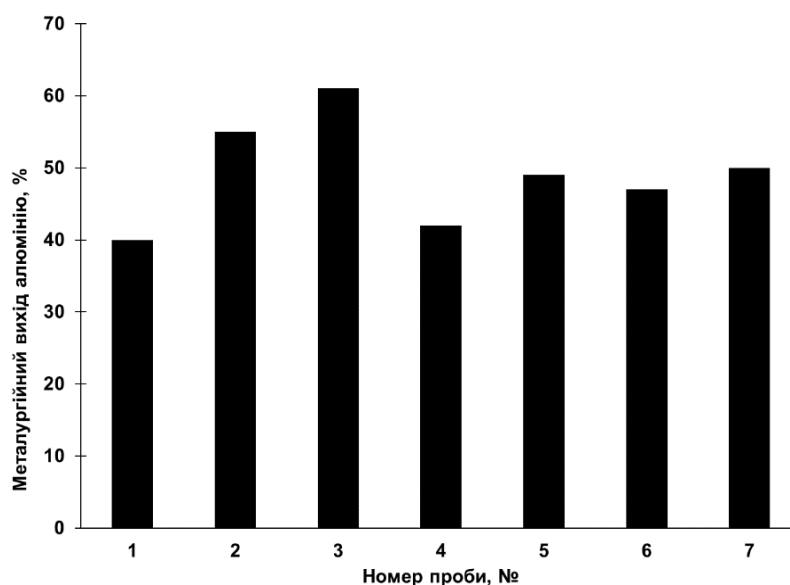


Рис. 11. Металургійний вихід алюмінію з ливарного шлаку

Таблиця 2

Хімічний склад одержаних алюмінієвих зразків

№ зразка	Si, % мас.	Fe, %мас.	Cu, %мас.	Mg, %мас.	Mn, %мас.
1	0,28	0,34	0,053	0,022	0,017
1*	0,22	0,26	0,060	0,016	0,014
2	0,89	0,25	0,063	0,014	0,020
3	0,28	0,35	0,048	0,016	0,015
4	0,18	0,31	0,028	0,016	0,011
5	0,23	0,25	0,060	0,012	0,031
6	0,27	0,32	0,230	0,013	0,018
7	0,38	0,65	0,079	0,019	0,025

Примітка: 1* - зразок, який одержано в результаті плавки в графітовому тиглі.

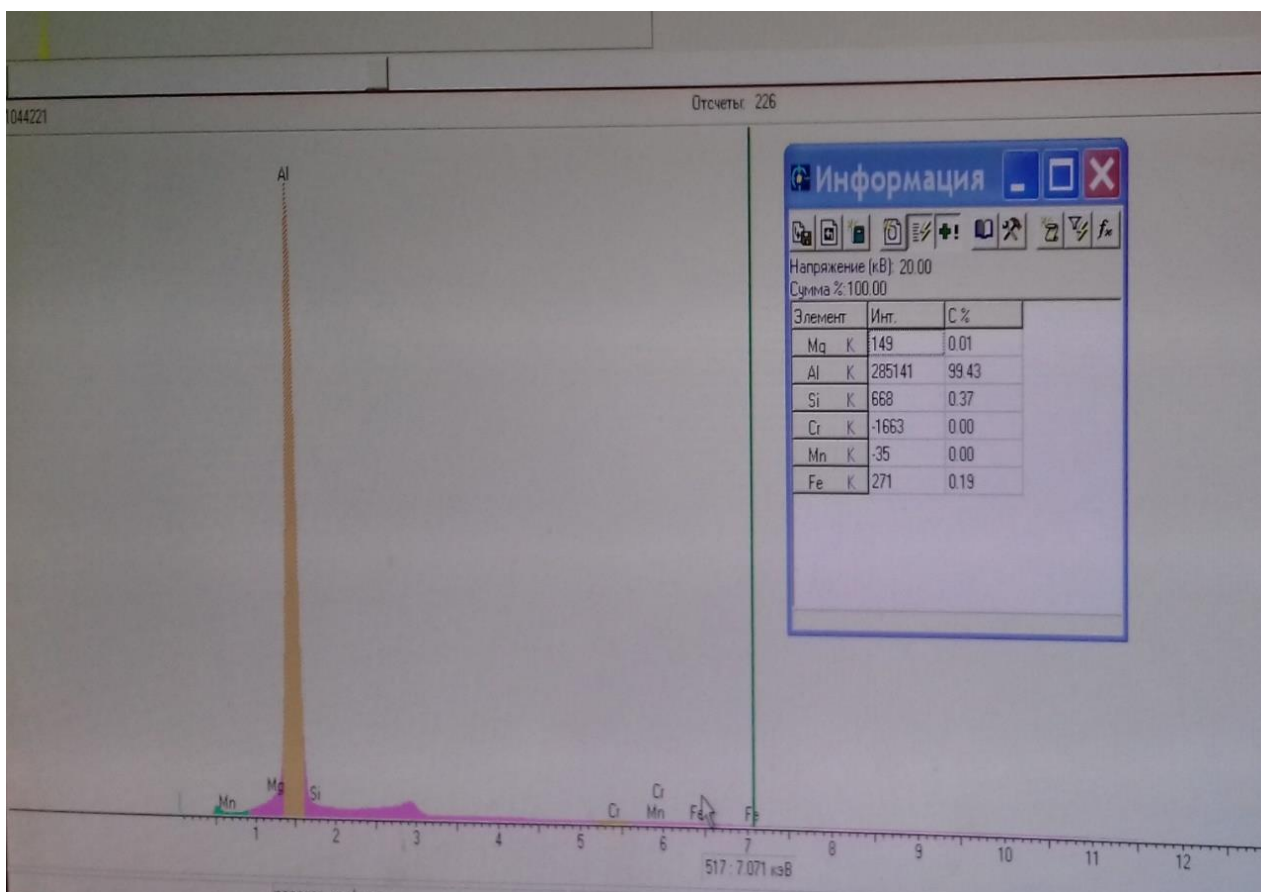


Рис. 12. Електронний спектр та хімічний склад алюмінієвого дроту діаметром 3 мм.

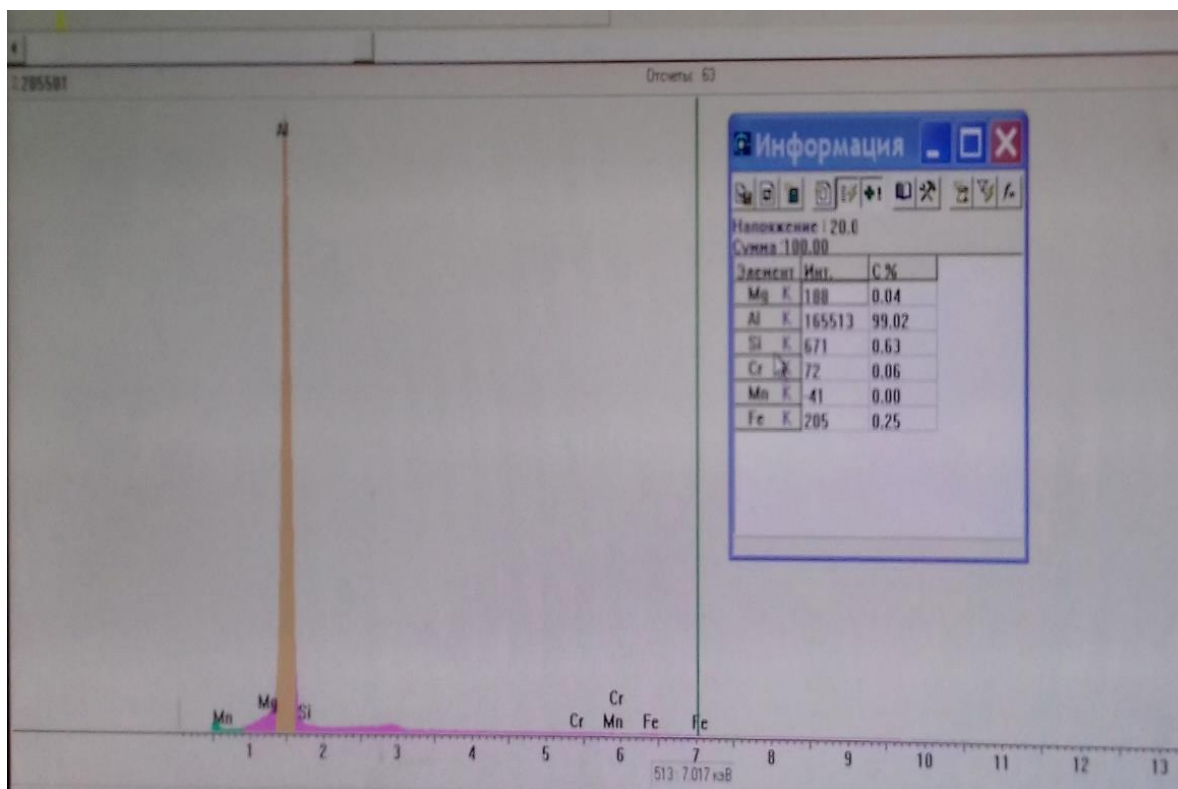


Рис. 13. Электронный спектр та хімічний склад алюмінієвого зразка № 1

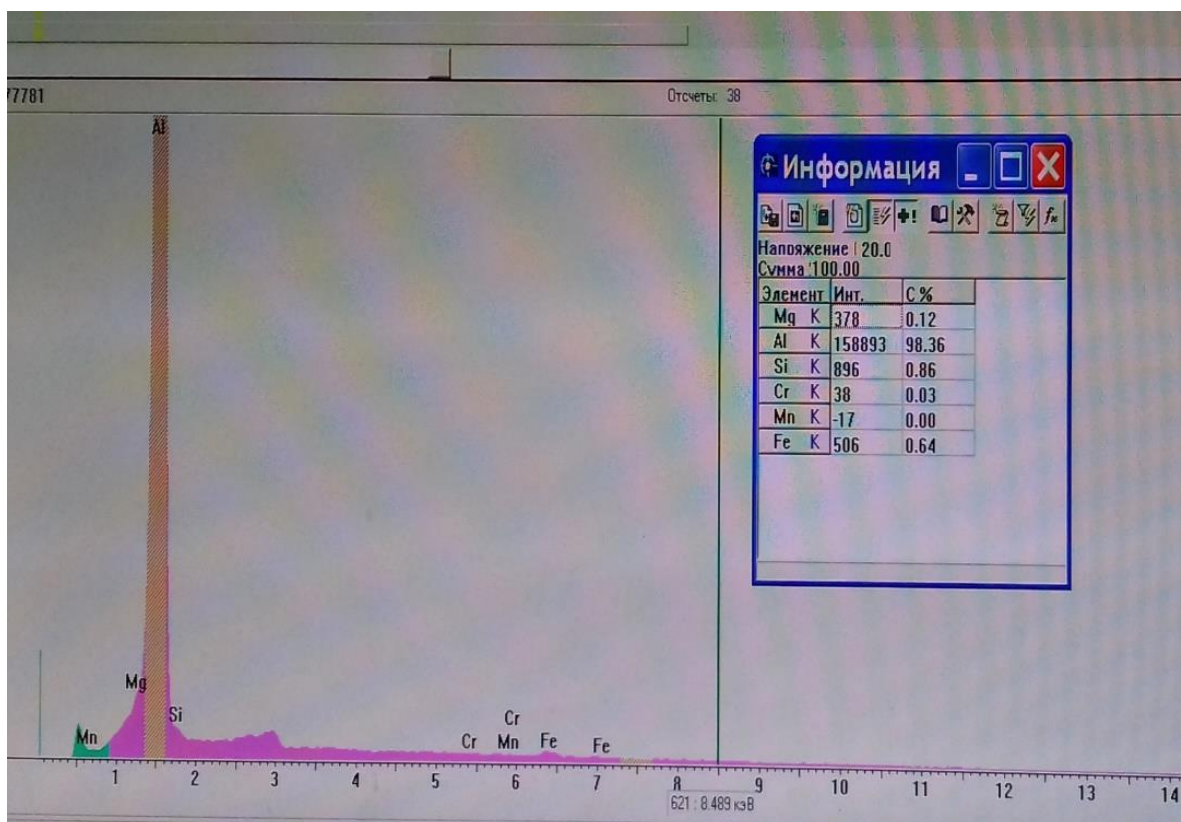


Рис. 14. Электронный спектр та хімічний склад алюмінієвого зразка № 1*

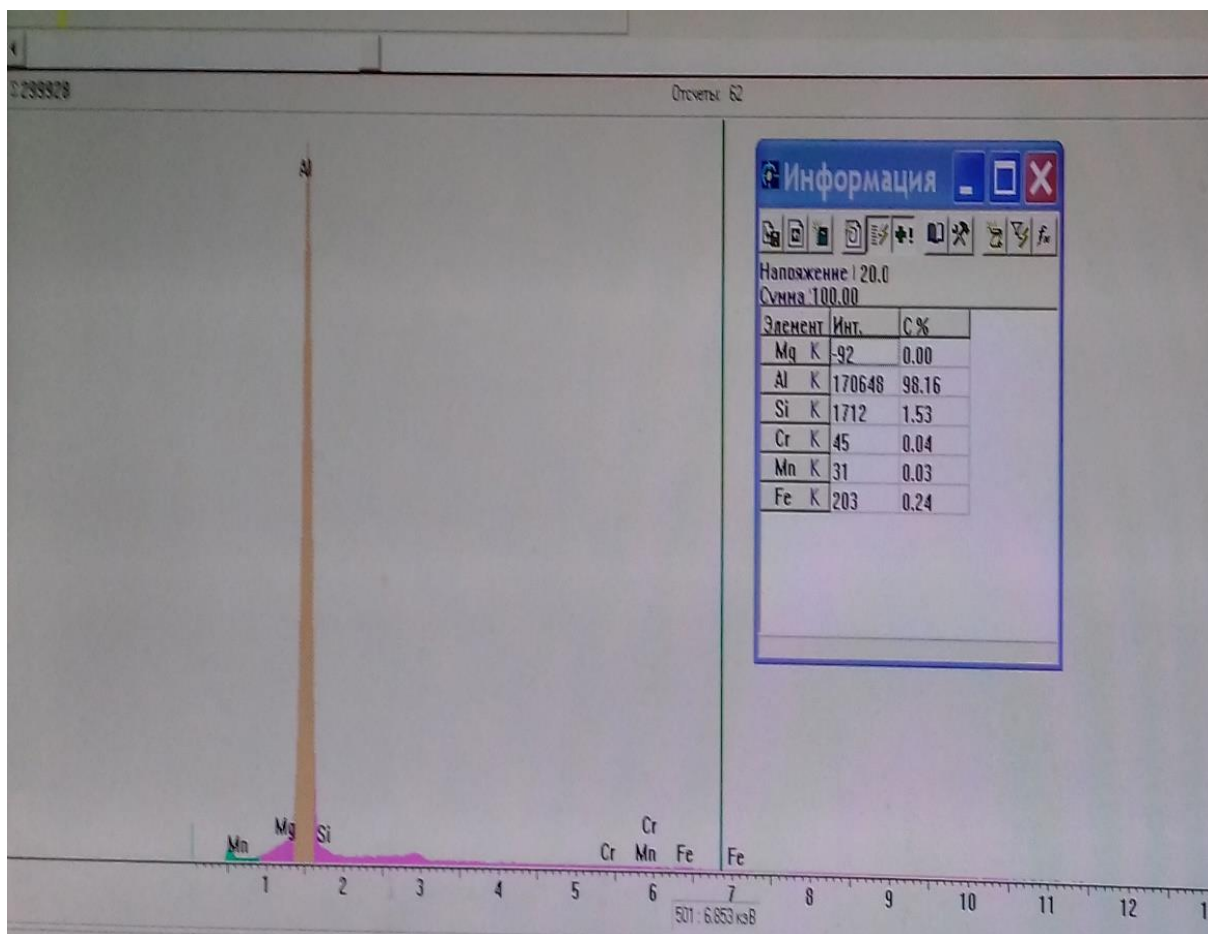


Рис. 15. Электронный спектр та хімічний склад алюмінієвого зразка № 2

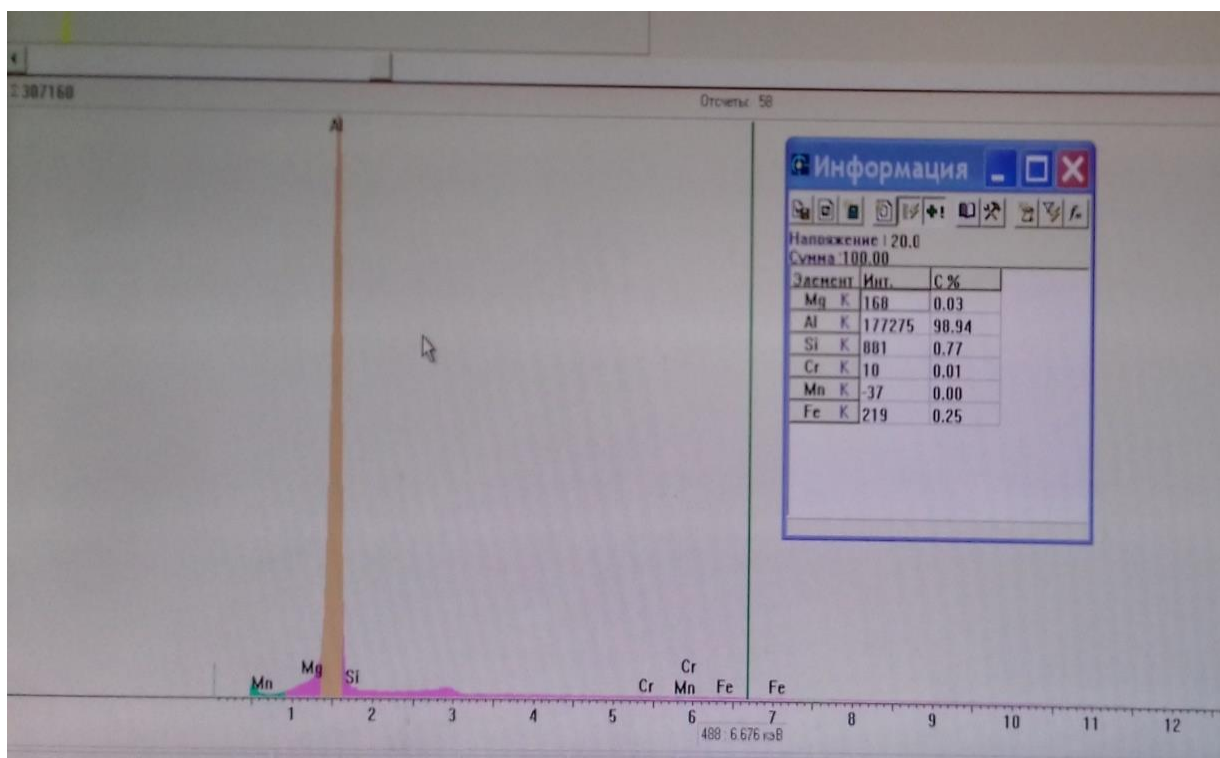


Рис. 16. Электронный спектр та хімічний склад алюмінієвого зразка № 4

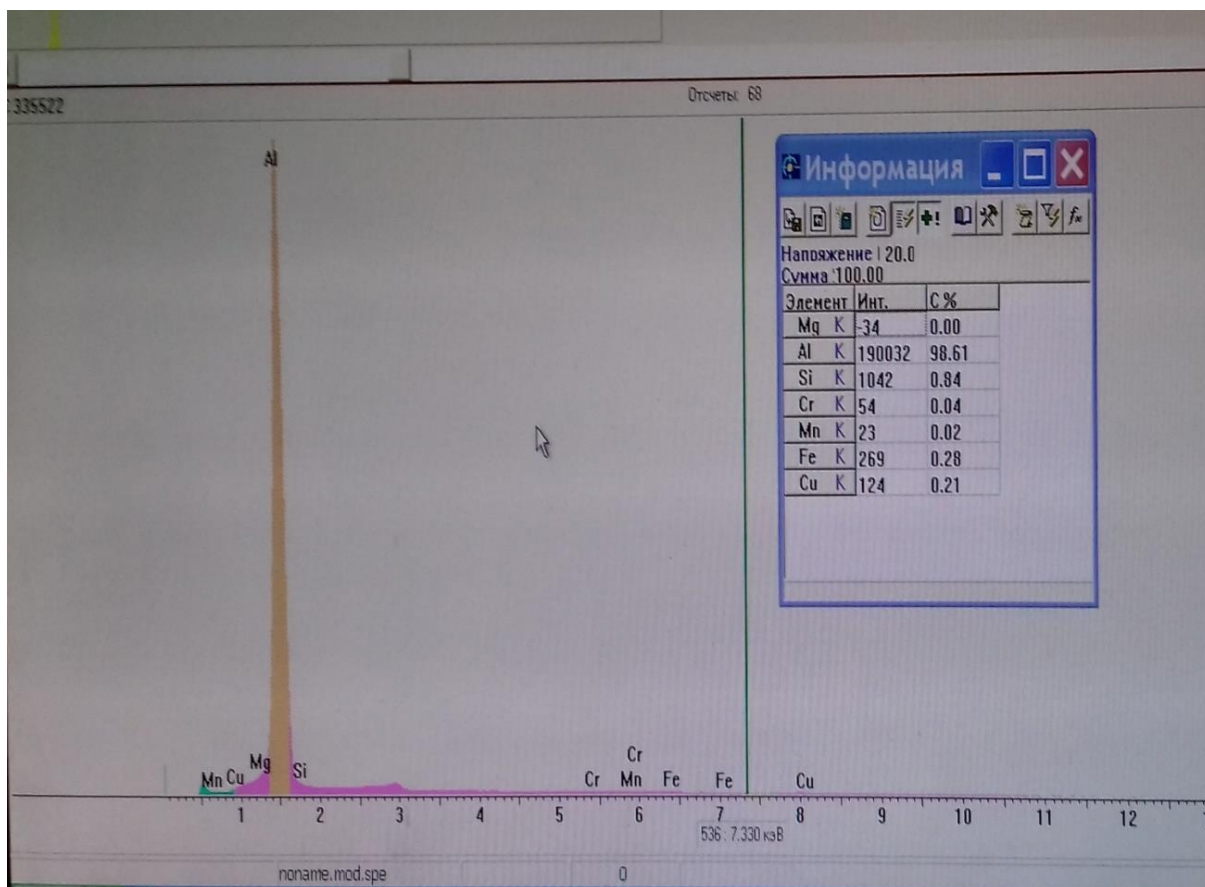


Рис. 17. Электронный спектр та хімічний склад алюмінієвого зразка № 5

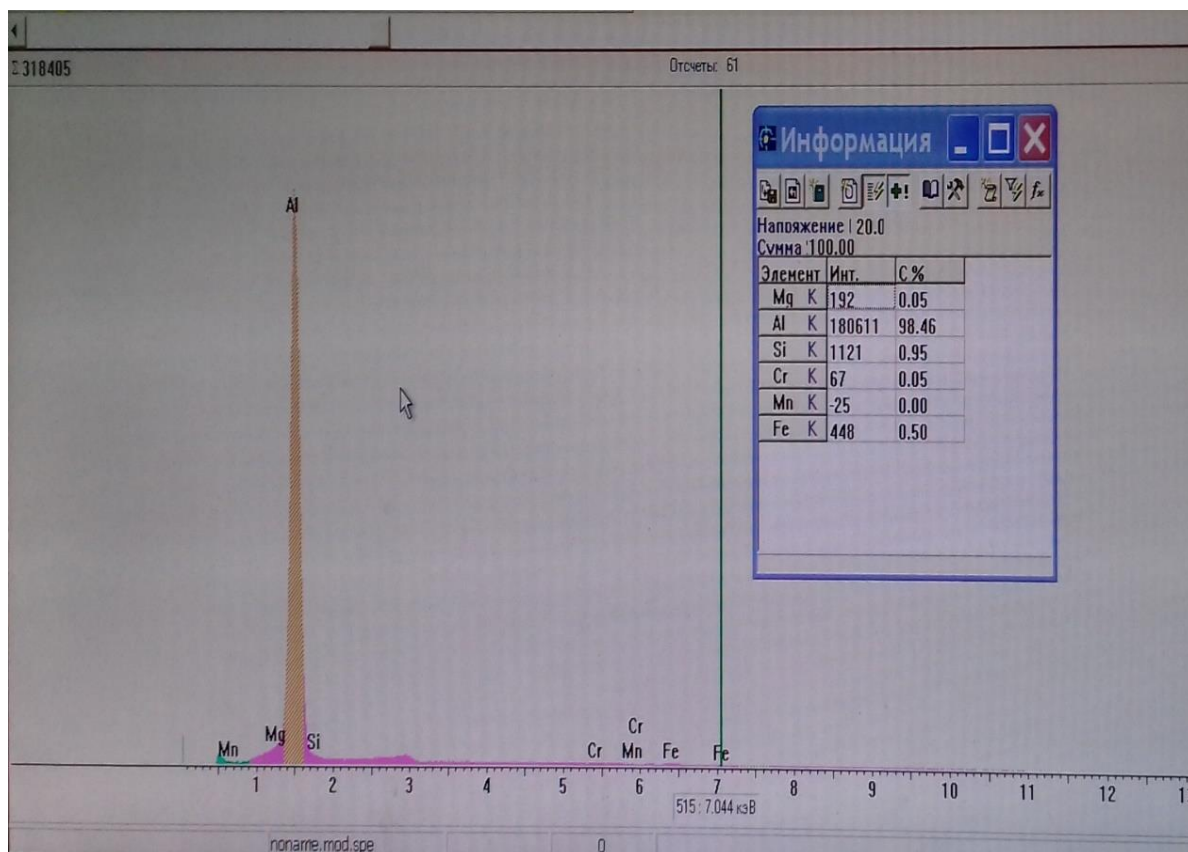


Рис. 18. Электронный спектр та хімічний склад алюмінієвого зразка № 6

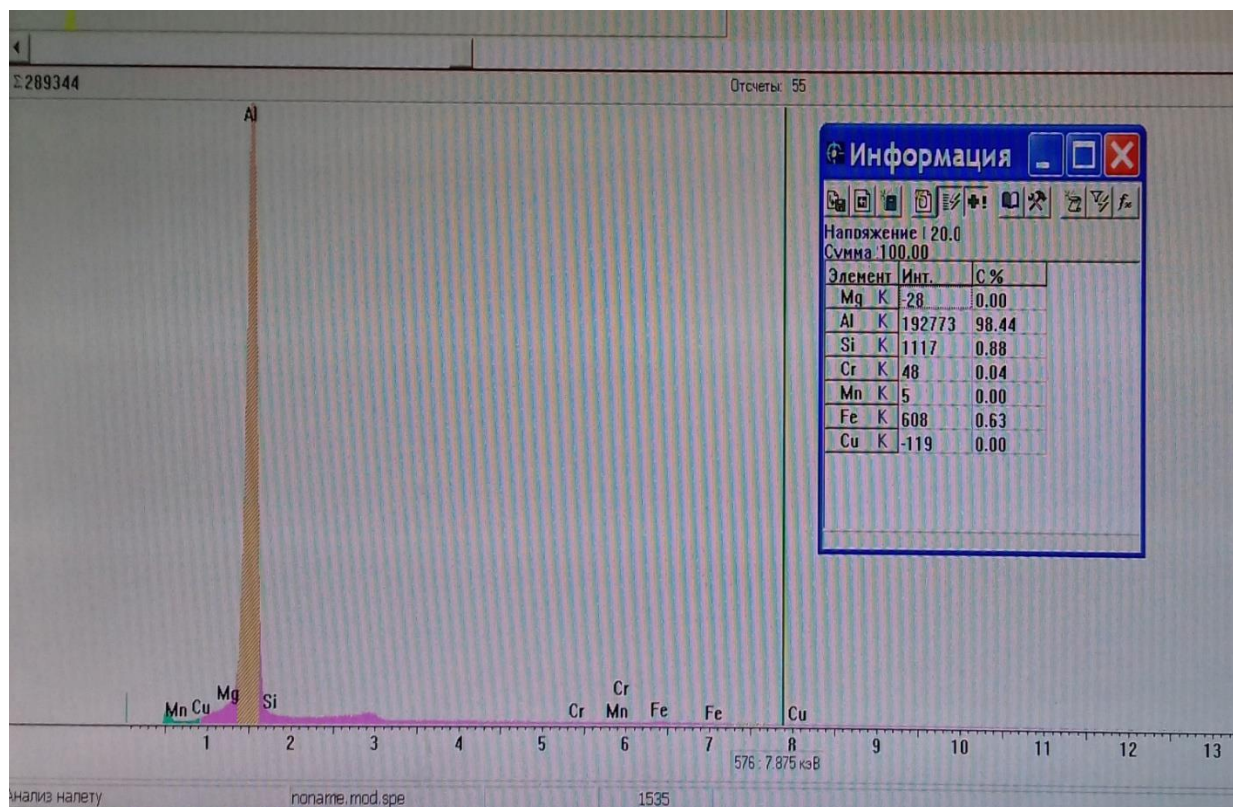
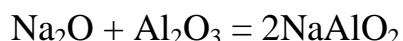
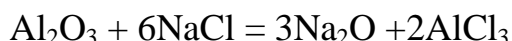


Рис. 19. Електронний спектр та хімічний склад алюмінієвого зразка № 7

Дослідження спільної дії карбонату та хлориду натрію на металургійний вихід алюмінію з ливарного алюмінієвого шлаку

Щодо спільної дії хлориду та карбонату натрію, то спочатку NaCl взаємодіє з оксидом алюмінію з утворенням оксиду натрію та хлориду алюмінію, потім вже Na₂O переводить Al₂O₃ в алюмінат:



Крім того, в процесі хімічних реакцій з оксидами та карбонатами лужних металів оксид алюмінію утворює наступні алюмінати: NaAlO₂, Na₅AlO₄, NaAl₁₁O₁₇, Na₁₇Al₅O₁₆ [38].

В останніх атоми алюмінію знаходяться в центрі тетраedrів або октаedrів з атомів кисню. В сполуці Na₅AlO₄ присутні окремі алюмокисневі тетраедри, які з'єднані загальними вершинами в ланцюг.

На рис.20 представлені дані, які одержано при спільній дії карбонату та хлориду натрію. В даному випадку змінювалась тільки концентрація NaCl, а Na₂CO₃ була постійною (1,0 %). Суттєвих змін ми не знайшли. Хід кривої подібний до залежності, яку представлено на рис. 9.

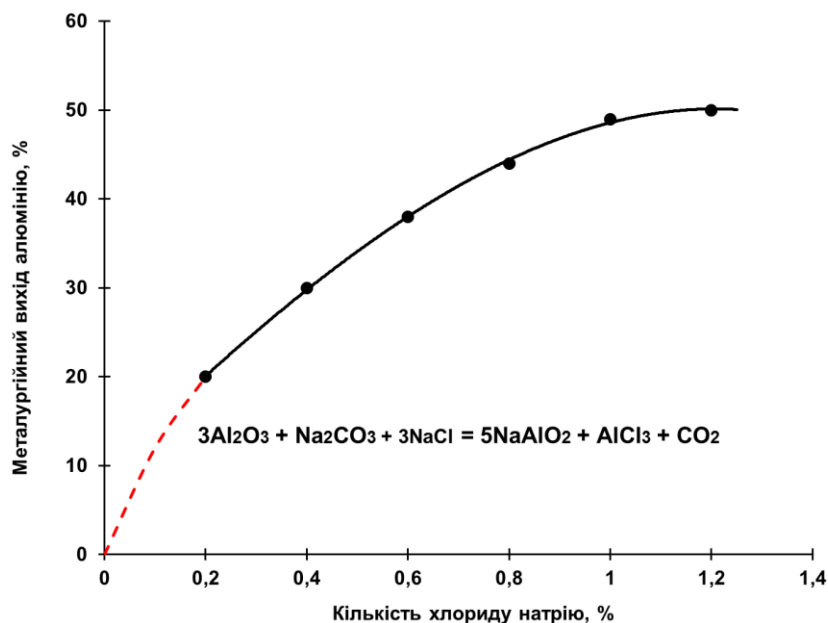
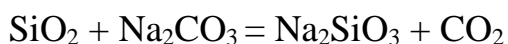
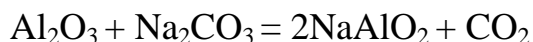


Рис. 20. Вплив добавки хлориду натрію (Na_2CO_3 складала 1,0%) на металургійний вихід алюмінію з ливарного шлаку

Дослідження спільної дії карбонатів натрію та кальцію на металургійний вихід алюмінію з ливарного алюмінієвого шлаку

Якщо в ливарних відходах присутній кремнезем, тоді сода одночасно взаємодіє з оксидом алюмінію та двооксидом кремнію з утворенням алюмінату та силікату натрію:



В зв'язку з цим, окрім соди, в шихту добавляють вапно або вапняк. Оксид кальцію також зв'язує Al_2O_3 і SiO_2 з утворенням нерозчинних у воді алюмінату ($\text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$) і силікату (Ca_2SiO_4) кальцію. В залежності від різної спорідненості оксидів, сода витрачається в основному на утворення алюмінату натрію, а вапно – силікату кальцію. В результаті проведеного аналізу було досліджено спільну дію карбонатів натрію та кальцію на металургійний вихід алюмінію з ливарного шлаку. Встановлено, що в загальні вихід алюмінію суттєво не змінився, але при цьому утворилось близько 1,0...2,0 % силікату кальцію.

1.4. Аналіз алюмінієвих зразків

Аналіз електронних спектрів алюмінієвих зразків, які одержано з



ливарного шлаку, показав, що вони в основному містять Al в кількості від 98,16 % мас. до 99,02 % мас. Середнє значення складає 98,57 % мас. Щодо домішок, то це головним чином кремній та залізо. Їх кількість неоднозначна, в деяких зразках концентрація вища в 2-3 рази ніж у алюмінієвому дроті (% мас.: [Al] = 99,43; [Si] = 0,37; [Fe] = 0,19). Це пов'язано з вихідною шихтою, що використовується в процесі плавки (різного хімічного складу металобрухт, а саме дріт електромереж в якому кількість заліза може досягати до 0,80 % мас.), терміном скачування шлаку, його зберіганням та інш.

В таблиці 3 наведено дані щодо кількості домішок в дослідних зразках, які одержано методом електронної спектроскопії.

Таблиця 3

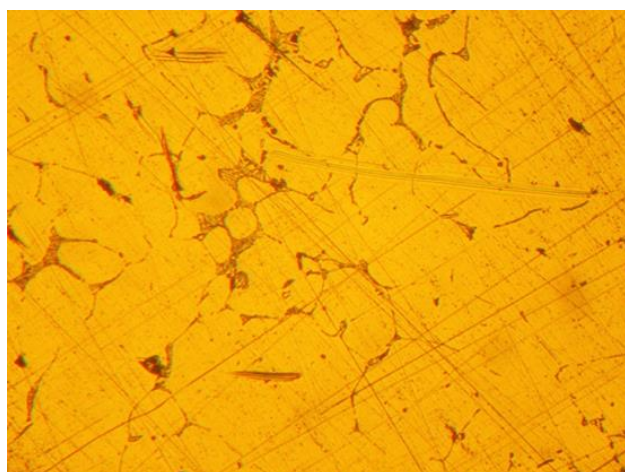
Хімічний склад зразків, які одержано з ливарного алюмінієвого шлаку

№ п/п	[Al], % мас.	[Si], % мас.	[Fe], % мас.	Домішки: [Mg, Cr, Mn + (H ₂ , O ₂ і інш.)], % мас.
1	99,02	0,63	0,25	0,10
2	98,36	0,83	0,24	0,57
4	98,16	0,77	0,25	0,82
5	98,61	0,84	0,28	0,27
6	98,46	0,95	0,50	0,09
7	98,44	0,88	0,63	0,05

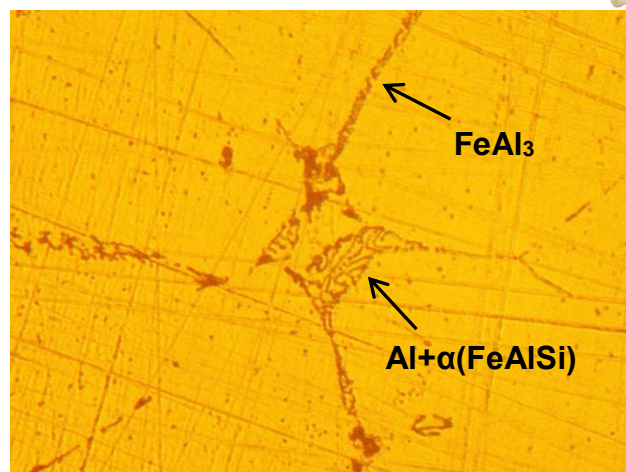
Було також досліджено структуру даних зразків за допомогою оптичної мікроскопії.

Відомо, що домішки заліза та кремнію в алюмінії суттєво впливають на його структуру, що пов'язано з утворенням різних хімічних сполук, які знаходяться на границях зерен. Згідно діаграм стану, при вмісті в алюмінії Fe > 0,05 % мас. та Si < 0,05 % мас. з'являються голкоподібні овальні хімічні сполуки FeAl₃ та склетоподібна евтектика Al + α (FeAlSi) [39-40].

На рис. 1,2 представлено мікроструктуру вище вказаних алюмінієвих зразків. На фото мікросируктури зразків 1, 2, 4 (рис. 1 а, б, в) спостерігається голчаста склетоподібна евтектика та голки алюмініду заліза.

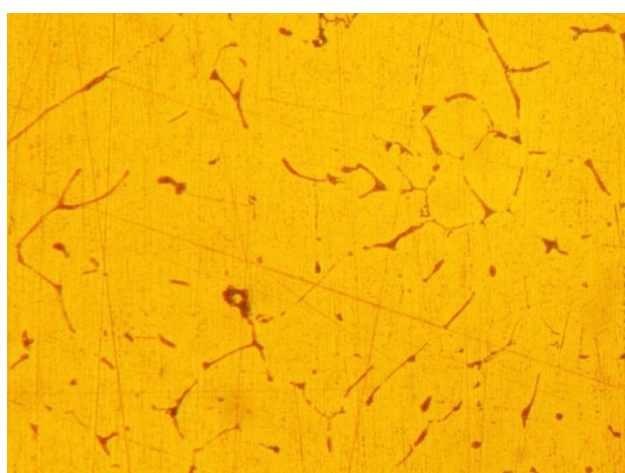


X250

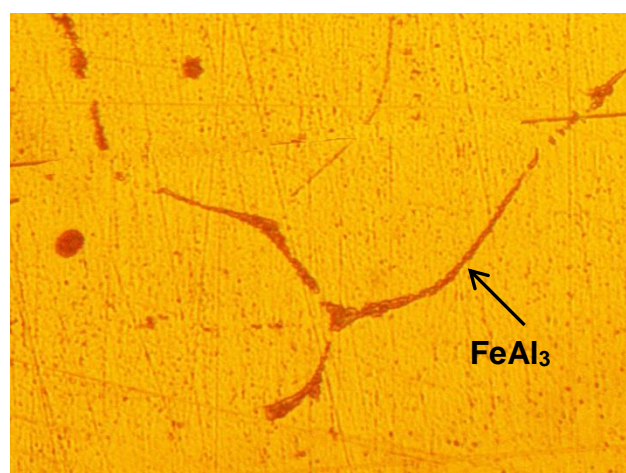


(a)

X500

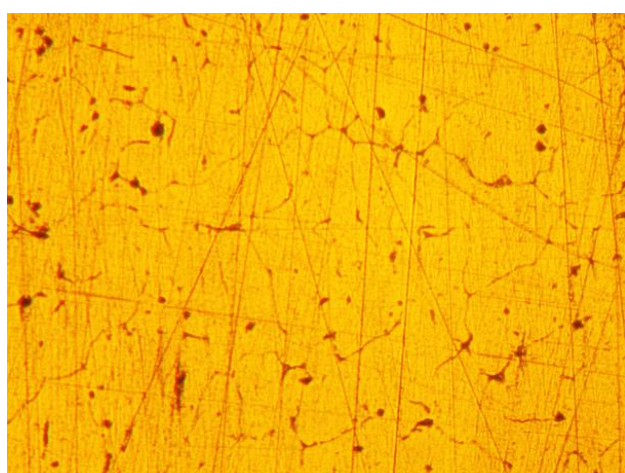


X250

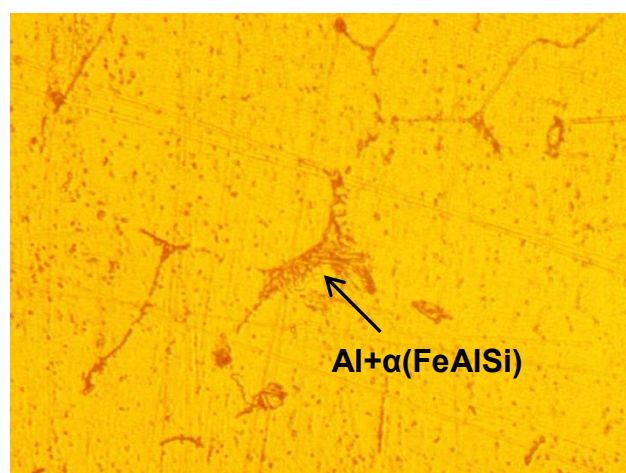


(б)

X500



X250



(в)

X500

Рис. 21. Мікроструктура зразків шлаку, які одержано з ливарного алюмінієвого шлаку: (а) – зразок 1, (б) – зразок 2, (в) – зразок 4

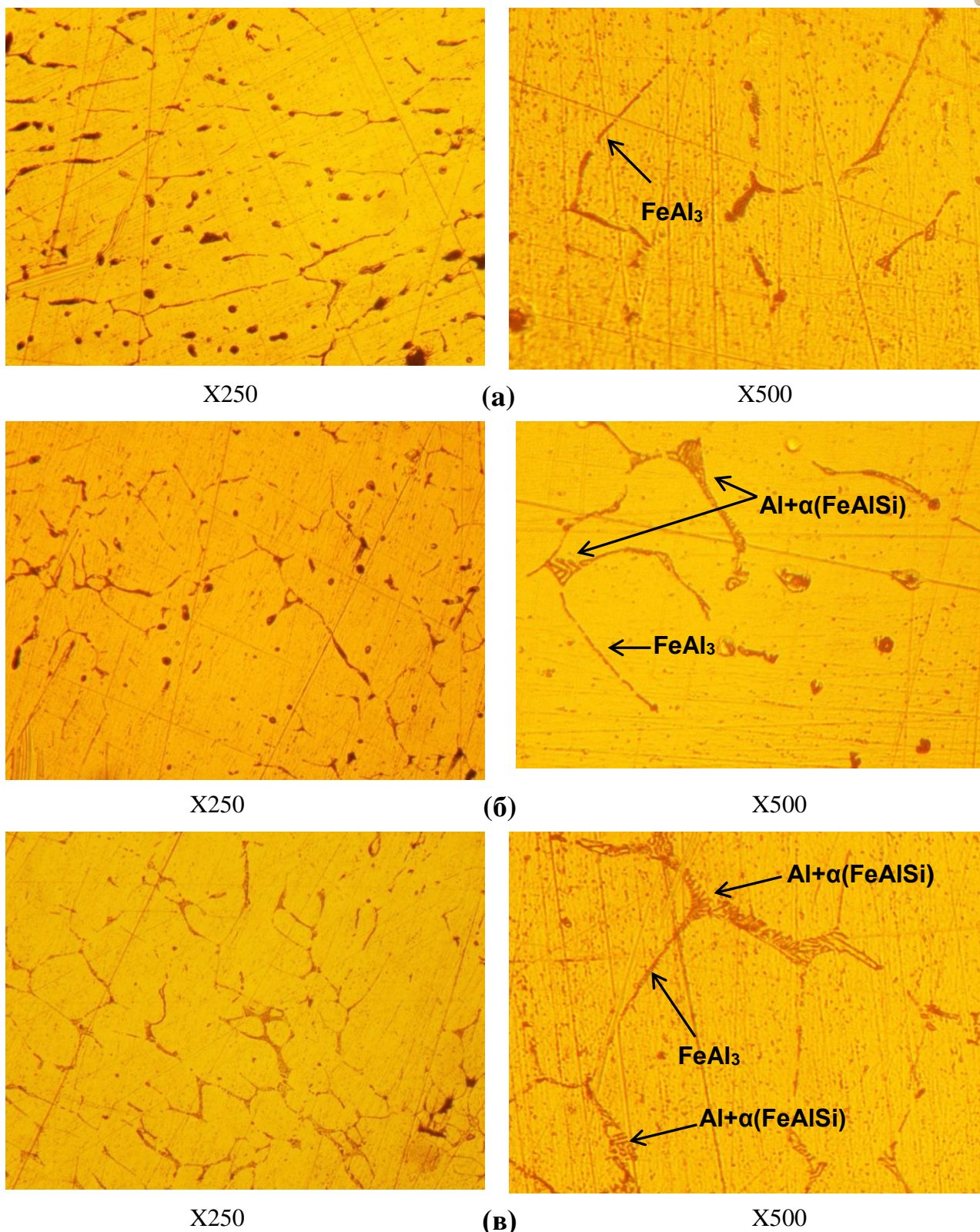


Рис. 22. Мікроструктура зразків шлаку, які одержано з ливарного алюмінієвого шлаку: (а) – зразок 5, (б) – зразок 6, (в) – зразок 7

Щодо інших зразків, наприклад, у п'ятому розмір зерна декіла більший, в сьомому евтектика займає площу більшу за розміром в порівнянні з іншими. Однак в усіх досліджених матеріалах існують одного складу евтектика та подібні



хімічні сполуки. Одержані результати підтверджуються даними, які представлено в роботах [41-44].

Висновки

При переробці вторинної алюмінієвої сировини витрачається всього 5 % енергії для переробки рудної сировини, що забезпечує інтенсивний розвиток технологій. Найбільш доцільним є використання електротермічного та содового методів вилучення алюмінію зі шлаку. При використанні електротермічного методу досягається висока ефективність і продуктивність відновлення алюмінію зі шлаку, а також забезпечується захист робочого простору в зоні роботи обслуговуючого персоналу. Перевагою содового методу є досить повне зв'язування алюмінію, але утворення оксидів вуглецю та їх негативний вплив на навколишнє середовище є недоліком.

**KAPITEL 2 / CHAPTER 2.****SELECTION OF OPTIMAL FORM OF ROLL CALIBER FOR PLUGLESS CONTINUOUS LONGITUDINAL TUBE ROLLING**

*ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ КАЛИБРА ВАЛКА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОДОЛЬНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ
ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ФОРМИ КАЛІБРУ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО БЕЗПЕРЕРВНОГО ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОКАТУВАННЯ ТРУБ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-032**Introduction**

In the case of plugless continuous longitudinal tube rolling, oval-shaped calibers are preferably used, the profile of the working area of which is formed by one or more forming radii R_i . Properties of the profile of one or another caliber are determined by the number of radii, their dimensions, and the values of the eccentricities of these radii relative to the center of the caliber (rolling axis). Here, the advantages and disadvantages of using one-, two- and three-radius calibers for plugless continuous tube rolling are analyzed. A design technique is proposed in which the transverse wall thickness variation of finished pipes is a criterion for optimizing the parameters of three-radius caliber. A comparison is made of the calculated values of the transverse variation of wall thickness of the pipes rolled using the proposed three-radius calibers and equivalent single-radius calibers. It is shown that by designing three-radius calibers using the proposed technique, it is possible to significantly reduce (1.9... 2.2 times) the level of relative wall thickness variation of finished pipes, i.e. increase their accuracy. The increase in the accuracy of the finished pipes can be explained by the fact that in the middle of the caliber the radius of the proposed caliber is smaller than the radius of the known caliber and in this area the radial compression is maximum. This causes a "two-way" flow of metal, which is deformed from the middle of the caliber in the direction of its top and release. From the point of view of the formation of the transverse wall thickness variation, such deformation conditions are more optimal than the conditions under which there is a one-way flow in the direction from the top to the release of the caliber.

2.1. Advantages and disadvantages of known calibers

In the case of plugless continuous longitudinal rolling of pipes, oval-shaped



calibers are mainly used, the profile of the working section of which is formed by one or several forming radii R_i (here $i = 1, 2 \dots n_r$ - current radius number; n_r - total number of radii). Features of the profile of one or another caliber are determined by the number of radii, their size, and the values of the eccentricities of these radii relative to the center of the caliber (rolling axis).

Known single-radius oval caliber (Fig. 1) roll for longitudinal rolling of pipes without mandrel, consisting of a working section $O_h O_\theta O_b$, the shape of which is symmetrical related to the axis of the caliber ($O_k O_h$), which passes through the center of the caliber (O_k) and its top (O_h) and formed by one radius (R_k), the center (O_R) of which along the axis of the caliber ($O_k O_h$) has an eccentricity $e_k = \overline{O_R O_k}$ relative to the center of the caliber (O_k), and thus $\overline{O_k O_h} < \overline{O_R O_h}$ [1, p.11].

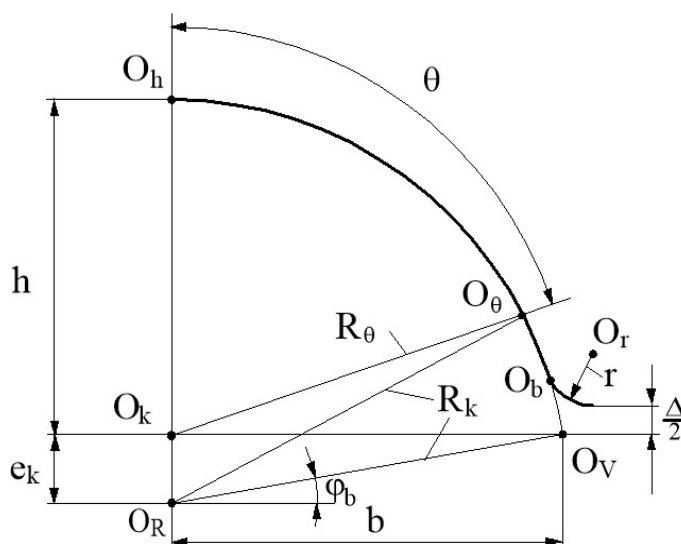


Fig. 1. One-radius oval caliber

Analytical studies [2, 3] and industrial tests [4, 5] have shown that in the case of plugless rolling in single-radius oval calibers, the transverse difference of wall thickness of pipes largely depends on the broadening index $\delta b = \frac{b - h_j}{b_j - h}$ (here b, b_j - width of current and previous calibers; h, h_j - height of current and previous calibers). Therefore, the shape of the main section $O_h O_\theta O_b$ of a single-radius oval caliber must meet the following technological requirements: the average diameter of the caliber D_{cp} must provide a given partial compression in diameter $\varepsilon = \frac{D_{cpj} - D_{cp}}{D_{cpj}}$ (here D_{cp}, D_{cpj} - the average diameter of the current and previous calibers); the



dimensions of the geometric parameters (radius R_k and eccentricity e_k of the caliber) must provide a given value of the broadening index δb in the roll stand.

Under such requirements in the one-radius oval caliber the following relations between geometrical parameters should be carried out:

$$h = R_k - e_k; \quad (1)$$

$$b = \sqrt{R_k^2 - e_k^2 \sin^2 \phi} - e_k \cos \phi; \quad (2)$$

$$D_{cp} = \frac{2R_k}{\phi} \left(\frac{\pi}{2} - \phi_b \right); \quad (3)$$

$$\phi_b = \arcsin \frac{e_k + b \sin \phi_b}{R_k}; \quad (4)$$

$$\delta b = \frac{b - h_j}{b_j - h}; \quad (5)$$

$$b = \lambda h, \quad (6)$$

where $\phi = \frac{\pi}{n}$; $\phi_b = \frac{\pi(n-2)}{2n}$; n - the number of rolls that form the caliber.

After successive substitutions in the equations (1) - (6) we obtain the relationship between the ovality λ of the caliber and the broadening index δb in the following form

$$D_{cpj}(1 - \varepsilon) - C(\lambda)B(\lambda) \left\{ \frac{\pi}{2} - \arcsin \left[A(\lambda) + \sqrt{1 - [A(\lambda)]^2 \sin^2 \phi} - A(\lambda) \cos \phi \right] \cdot \sin \phi_b \right\} = 0; \quad (7)$$

where $A(\lambda) = \frac{\lambda^2 - 1}{\lambda^2 + 1 - 2\lambda \sin \phi_b}$; $B(\lambda) = \frac{\lambda^2 + 1 - 2\lambda \sin \phi_b}{(1 - \lambda \sin \phi_b)\phi}$; $C(\lambda) = \frac{\delta b \cdot b_j + h_j}{\delta b + \lambda}$.

Values D_{cpj} , b_j and h_j are known (they are calculated to determine the geometric parameters of the caliber of the previous j -stand of the multistand mill). Values δb and ε are known (they are appointed by the developers of the technological process). The values of the angles ϕ and ϕ_b are known (they are determined by the design features of the stand). Thus, equation (7) contains one unknown - the ovality of the caliber λ . After calculating λ as the root of equation (7), we sequentially determine the height h , width b , radius R_k and eccentricity e_k of a single-radius oval caliber, the shape of the main section of which meets all the above requirements:

$$h = C(\lambda); \quad (8)$$

$$b = h\lambda; \quad (9)$$



$$R_k = \frac{h\phi}{2} B(\lambda); \quad (10)$$

$$e_k = \frac{h}{2} A(\lambda) B(\lambda); \quad (11)$$

Thus, if at a given compression ε the broadening index δb is a given value, it unambiguously determines the ovality λ of the caliber, its height h , width b , radius R_k and eccentricity e_k .

Known two-radius caliber of the roll for longitudinal rolling of pipes (Fig. 2) without mandrel, having a working section whose shape is symmetrical about the axis of the caliber ($O_k O_h$), which passes through the center of the caliber (O_k) and its vertex (O_h) and includes the top of the caliber ($O_h A$), which is formed by the radius of the vertex (R_1), the center (O_{R1}) of which along the axis of the caliber ($O_k O_h$) has an eccentricity $e_1 = \overline{O_{R1} O_k}$ relative to the center of the caliber (O_k), and $\overline{O_k O_h} < \overline{O_{R1} O_h}$, the release zone of the caliber ($B O_b$), which is formed by the radius of the release of the caliber (R_2), the center (O_{R2}) of which has an eccentricity $e_2 = \overline{O_{R2} O_k}$ relative to the center of the caliber (O_k), and at the same time $\overline{O_k O_h} < \overline{O_{R2} O_h}$, and in the transition zone AB is formed by a straight line [1, p.12].

In [1, p. 12–15], a system of 15 equations is proposed, which connects 21 geometric and technological parameters of two-radius caliber. The authors recommend calculating the caliber parameters as follows: width b_j , height h_j , diameter D_{cp} , top θ_1 and release θ_2 angles and broadening index δB are considered given, and the other 15 parameters (including ovality λ of the caliber) are defined as the roots of the system of 15 equations. In this approach, the ovality λ of the caliber depends on the specified parameters and cannot be assigned independently.

That is, under the principle of designing the shape of a two-radius caliber proposed in [1], its ovality λ with similar general parameters (with equal average caliber diameters D_{cp} and broadening indices δb) can be both smaller and larger than the ovality λ of a single-radius caliber. In this case, it is theoretically quite possible to consider both the index δb and the ovality λ independently of the given values and to analyze the impact of their simultaneous change on the parameters of the rolling process. However, an analysis of the literature suggests that such studies are currently lacking.

The disadvantage of two-radius calibers with a rectilinear transition area is that when used, at the point A of transition of the curved zone of the top of the caliber to the rectilinear transition zone of the caliber and at the point B of transition of the rectilinear transition zone of the caliber to the curvilinear zone of the caliber, characteristic prints on the pipes are formed in the form of straight lines which are parallel to the axis of the pipe. Also quite often at $\delta < 0$ similar prints are formed also in a gap zone Δ between rolls (fig. 2). This degrades the appearance of the product and sometimes (with significant compression of the pipe in diameter) negatively affects the accuracy of the pipes when measured by the wall thickness.

In the case of using a two-radius caliber with a transitional rectilinear section, part of the pipe profile is formed by rectilinear transitional sections of the caliber. Therefore, it is quite natural that on the surface of the pipe there are $4n$ sections, which are formed by rectilinear transition sections of caliber. At the points (A) of the connection of the curvilinear zone of the caliber top (O_hA) and the rectilinear transition section (AB) and (B) the connection of the rectilinear transition section and the curvilinear release zone of the caliber (BO_v) on the pipe $4n$ prints are formed in the form of straight lines parallel to the pipe axis.

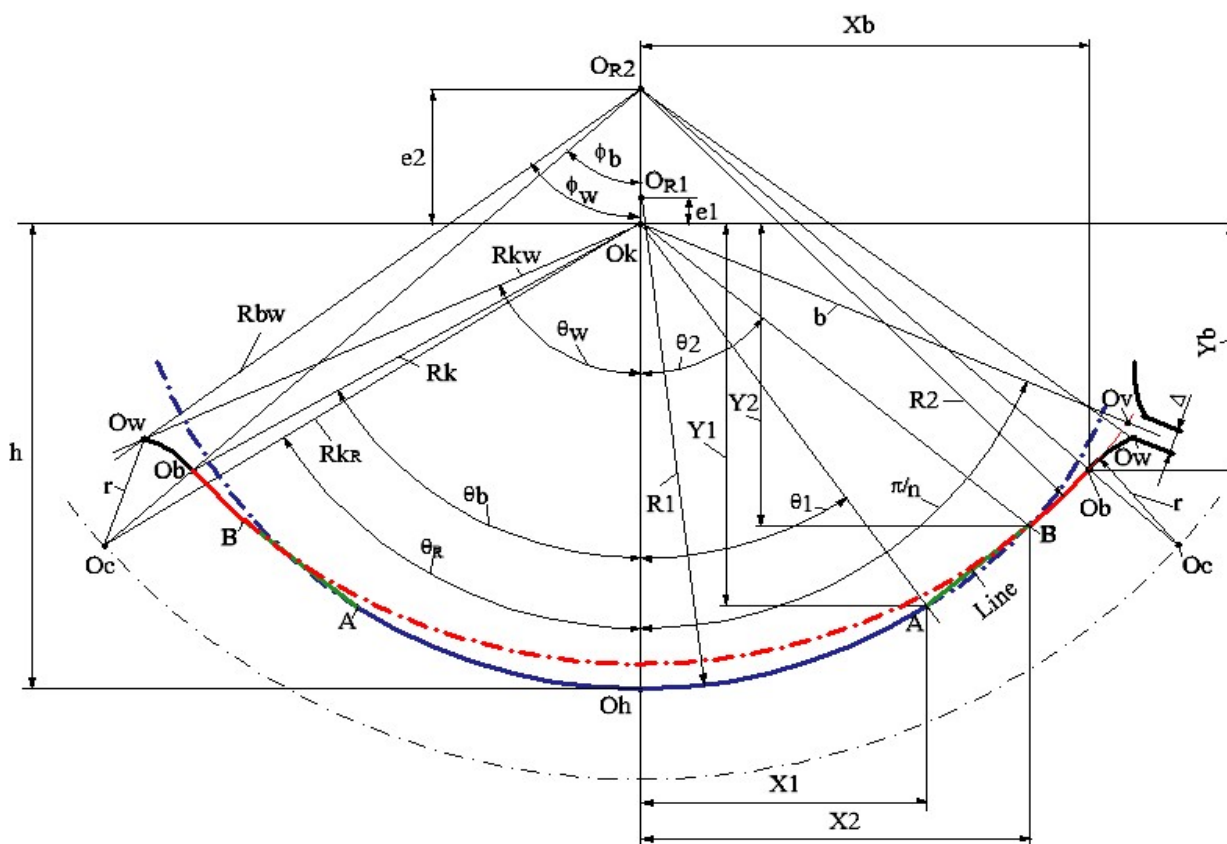


Fig. 2. Two-radius oval caliber with a rectilinear transition area



In the patent [6] a three-radius caliber roll for longitudinal rolling is proposed, which is presented in Fig. 3. In fig. 3 marked: O_k - center of caliber; O_h - caliber top; R_1 - radius of the caliber top; O_{R1} - center of radius of the top of the caliber; R_2 - caliber release radius; O_{R2} - center of radius of release of caliber; R_p - radius of the transition section of the caliber; O_p - the center of the radius of the transition section of the caliber; $O_k O_h$ - axes of symmetries of the caliber; $O_h A$ - the area of the top of the caliber, which is the arc of a circle of radius R_1 ; BO_v - caliber release zone, which is an arc of a radius R_2 ; AB - transition section of caliber, which is an arc of a circle of radius R_p ; A - the point of connection of the area of the top of the caliber with the transition area; B - the point of connection of the transition section of the caliber with the area of release of the caliber; O_v - caliber release; $h = \overline{O_k O_h}$ - height of caliber; $b = \overline{O_k O_v}$ - caliber width; $e_1 = \overline{O_{R1} O_k}$ - eccentricity of the center O_{R1} of the radius R_1 of the top of the caliber relative to the center of the caliber O_k ; $e_2 = \overline{O_{R2} O_k}$ - eccentricity of the center O_{R2} of the radius R_2 of release of the caliber relative to the center of the caliber O_k ; e_{po} - axial eccentricity of the center O_p of radius of the transition section of the caliber R_p relative to the center of the caliber O_k ; e_{pb} - lateral eccentricity of the center O_p of radius R_p of the transition section of the caliber relative to the center of the caliber O_k ; θ_1 - the angle of the beginning of the transition section of the caliber relative to the axis of the caliber $O_h O_k$; θ_2 - the angle of the end of the transition section of the caliber relative to the axis of the caliber $O_h O_k$; ϕ - the angle of the end of the zone of release of the caliber relative to the axis of the caliber $O_h O_k$; R_θ - caliber radius in any cross section; θ - the angle that determines the position of an arbitrary section of the caliber relative to the axis of the caliber $O_h O_k$.

The absence of "breaks" in points A and B of the profile of three-radius caliber allows to avoid the appearance on the outer surface of the pipes of $4n$ prints in the form of straight lines that are parallel to the axis of the pipe. But the use of these calibers does not guarantee the absence of n rectilinear prints on the pipe, which can be formed in the zones of gaps between the rolls, ie near points O_v (Fig. 3).

In addition, the method proposed by the authors of [6] to calculate the parameters of the caliber has a significant disadvantage. The caliber parameters are interconnected by a system of 10 equations and two inequalities, which include 15

parameters $(R_1, R_2, R_p, e_1, e_2, e_{po}, e_{pb}, \theta_1, \theta_2, \alpha, \gamma, \phi_2, \phi, D_{cp}, \lambda)$, which characterize the geometric features of the three-radius caliber (Fig. 3-4). In the case where five of these parameters are given taking into account the inequalities

$$R_1 - e_1 > 0; \tag{12}$$

$$R_2 - e_2 > 0; \tag{13}$$

The last ten are calculated as the roots of a system of 10 equations. Obviously, the broadening index in accordance with this technique is not taken into account and using it cannot purposefully influence the formation of the transverse wall thickness difference of the rolled pipes.

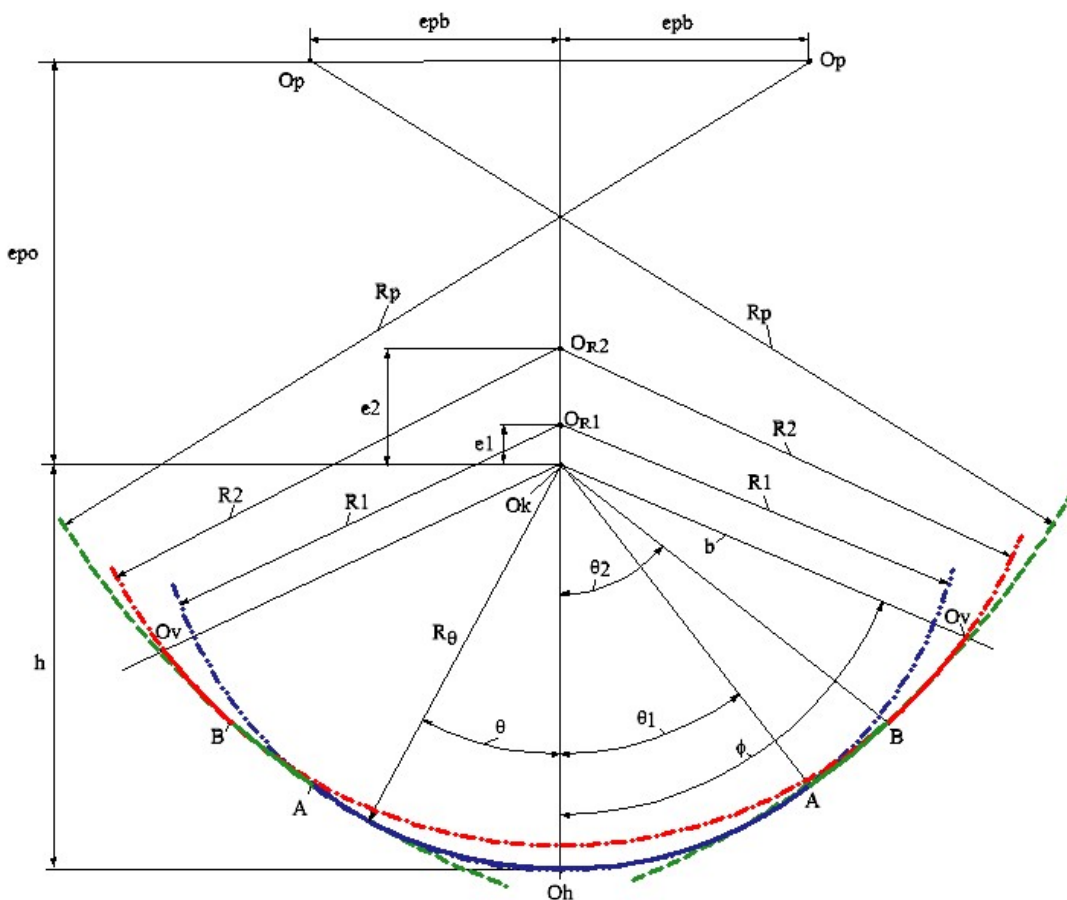


Fig. 3. Three-radius oval caliber

Additional requirements for geometric parameters in the form of inequalities (12) and (13) limit the possibility of changing the value of the ovality λ of the caliber beyond $\lambda \approx (0,998...1.002)\lambda_e$ (here λ_e - the ovality of the "equivalent" single-radius oval caliber, calculated according to equation (7) at the same values of $D_{cpj}, \varepsilon, b_j, h_j, \delta b$ in three-radius caliber). This fact also limits the technological possibilities of purposeful influence on the formation of the transverse diversity of pipes.

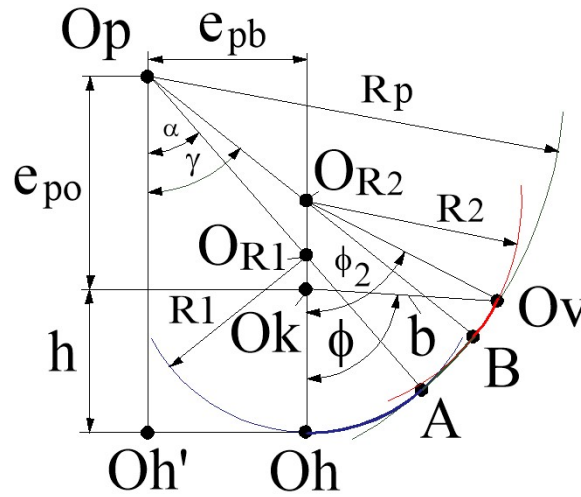


Fig. 4. Scheme for determining the geometric parameters of three-radius caliber

2.2. Selecting the rational form of three radius roll caliber

The development is based on the task of increasing the accuracy and improving the appearance of rolled pipes. The problem can be solved by developing a method for determining the parameters of three-radius caliber, which will allow to freely vary the magnitude of the ovality λ in a wide range. This will make it possible to more effectively influence the accuracy of the pipes and reduce their transverse wall thickness diversity by choosing the rational parameters of the calibers of the multistand mill. To construct the profile of the main section of the caliber (area $O_h A B O_v$ of Fig. 3-4) it is necessary to determine 13 geometric parameters: radii R_1 , R_2 and R_p , eccentricities e_1 , e_2 , e_{po} and e_{pb} angles θ_1 , θ_2 , $\alpha = \angle O_h O_{R1} A = \angle O_h' O_p A$, $\gamma = \angle O_h O_{R2} B = \angle O_h' O_p B$; $\phi_2 = \angle O_h O_{R2} O_v$ and ϕ . The values of these 13 geometric parameters must meet the following technological requirements. First, the average diameter $D_{cp} = D_{cpj} (1 - \varepsilon)$ of the current caliber should be equal to the value that is given for technological reasons due to the partial relative compression ε of the pipe in diameter in this caliber. Second, the broadening index $\delta b = \frac{b - h_j}{b_j - h}$ and the ovality of the current caliber $\lambda = \frac{b}{h}$ should be equal to the values specified for technological reasons. Thus, seven more geometric parameters (D_{cp} , D_{cpj} , b , b_j , h , h_j , λ) and two



technological ones were added to the 13 above-mentioned geometrical parameters of the main section of the caliber: partial relative compression of the pipe ε in diameter in this caliber and the pipe broadening index δb in this caliber. That is, we have $13 + 7 + 2 = 22$ parameters on which the shape of the main section of the current caliber depends.

Let us determine which of these 22 parameters are known. During the calculation of the parameters of the previous caliber are defined and known: b_j , h_j , D_{cpj} . For technological reasons are assigned (ie known) values of ε and δb . The value of the angle ϕ is determined by the design of the stand and is known. The values of the angles θ_1 and θ_2 are assigned. As mentioned above, when using two- and three-radius oval calibers (as opposed to single-radius), it is possible to simultaneously independently assign both the value of the broadening index δb and the value of the ovality λ of the caliber. That is, we consider the value λ known. Thus, of the 22 parameters defining the profile of the main section of three-radius caliber, 9 parameters are defined. That is, when calculating the parameters of the main section of the current caliber, it is necessary to calculate $22 - 9 = 13$ geometric parameters of the current caliber: radii R_1 , R_2 and R_p , eccentricities e_1 , e_2 , $e_{p\alpha}$ and e_{pb} , angles α , γ , ϕ_2 , average diameter D_{cp} , height h and width b .

Based on the geometric relations (Fig. 3-4) that must be performed, these 13 parameters are interconnected by a system of 13 equations

$$b = \sqrt{R_2^2 - e_2^2 \sin^2 \phi} - e_2 \cos \phi; \quad (14.1)$$

$$h = R_1 - e_1; \quad (14.2)$$

$$D_{cp} = D_{cpj}(1 - \varepsilon); \quad (14.3)$$

$$D_{cp} = \frac{2}{\phi} [R_1 \alpha + R_p (\gamma - \alpha) + R_2 (\phi_2 - \gamma)]; \quad (14.4)$$

$$\delta b = \frac{b - h_j}{b_j - h}; \quad (14.5)$$

$$\lambda = \frac{b}{h}; \quad (14.6)$$

$$\alpha = \arcsin \left[\frac{\left(\sqrt{R_1^2 - e_1^2 \sin^2 \theta_1} - e_1 \cos \theta_1 \right) \sin \theta_1}{R_1} \right]; \quad (14.7)$$



$$\gamma = \arcsin \left[\frac{\left(\sqrt{R_2^2 - e_2^2 \sin^2 \theta_2} - e_2 \cos \theta_2 \right) \sin \theta_2}{R_2} \right]; \quad (14.8)$$

$$\phi_2 = \arcsin \left(\frac{b \sin \phi}{R_2} \right); \quad (14.9)$$

$$e_{po} = R_p \cos \alpha - \left(\sqrt{R_1^2 - e_1^2 \sin^2 \theta_1} - e_1 \cos \theta_1 \right) \cos \theta_1; \quad (14.10)$$

$$e_{po} = R_p \cos \gamma - \left(\sqrt{R_2^2 - e_2^2 \sin^2 \theta_2} - e_2 \cos \theta_2 \right) \cos \theta_2; \quad (14.11)$$

$$e_{pb} = (R_p - R_1) \sin \alpha; \quad (14.12)$$

$$e_{pb} = (R_p - R_2) \sin \gamma. \quad (14.13)$$

Solving the system of equations (14.1) - (14.13) with respect to 13 unknowns does not cause any complications. The radius R_θ of the caliber in the sections $O_h A$ and BO_v (Fig. 4) will be determined from the equations, the structure of which is similar to expression (2). The radius R_θ at the transition section AB of the caliber and the auxiliary angle ψ (Fig. 5) will be defined as the roots of the system of two equations

$$\begin{cases} R_\theta \sin \theta + e_{pb} = R_p \sin \psi; \\ R_\theta \cos \theta + e_{po} = R_p \cos \psi, \end{cases}$$

solving which we get

$$R_\theta = \sqrt{R_p^2 - (e_{po} \sin \theta - e_{pb} \cos \theta)^2} - (e_{po} \cos \theta + e_{pb} \sin \theta);$$

$$\psi = \theta + \arcsin \left(\frac{e_{pb} \cos \theta - e_{po} \sin \theta}{R_p} \right).$$

Taking into account the obtained result, we have that on the main section $O_h ABO_v$ the radius of the caliber R_θ (Fig. 5) is determined from the following logical condition:

$$R_\theta = \begin{cases} \sqrt{R_1^2 - (e_1 \sin \theta)^2} - e_1 \cos \theta & \text{якщо } 0 \leq \theta < \theta_1 \\ \sqrt{R_p^2 - (e_{po} \sin \theta - e_{pb} \cos \theta)^2} - (e_{po} \cos \theta + e_{pb} \sin \theta) & \text{якщо } \theta_1 \leq \theta < \theta_2 \\ \sqrt{R_2^2 - (e_2 \sin \theta)^2} - e_2 \cos \theta & \text{якщо } \theta_2 \leq \theta \leq \phi \end{cases} \quad (15)$$



2.3. Comparison of caliber parameters

Let us consider a specific example of how the proposed method of constructing the profile of the main section of the three-radius caliber differs from the known method [6].

Table 1 shows the parameters of the calibers of two adjacent stands, which are calculated in accordance with the known [6] and the proposed methods. The values of the angles θ_1 , θ_2 when using the proposed technique were chosen as follows. Using a mathematical model [2, 3], the formation of the transverse wall thickness difference

$B_t = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{cp}}$ (here S_{\max} , S_{\min} , S_{cp} - respectively, the maximum, minimum and

average wall thickness of the pipe after deformation) B_t was calculated at different

combinations of angles θ_1 and θ_2 chosen in the intervals $\theta_{1k} = (15 + k) \frac{\pi}{180}$ (here $k = 1,$

$2, \dots, K$, $K = \frac{180}{\pi} \phi - 10$), $\theta_{2m} = \theta_{1k} + \frac{m\pi}{180}$ (here $m = 1, 2, \dots, M(k);$

$M(k) = (\phi - \theta_{1k}) \frac{180}{\pi} - 5$). From the obtained matrices $(B_t)_{k,m}$ we chose those values of

k and m (and, accordingly, those values of angles θ_1 and θ_2) at which the wall thickness difference is minimal. When using the known technique [6], the possibility of changing the angles θ_1 and θ_2 in a wide range is limited by condition $e_1 > 0$.

For the parameters of the calibers shown in table 1, the calculated relative transverse wall thickness difference given in the stand for the known methodology is $B_t = 1.59\%$, and for the proposed method, $B_t = 0.93\%$.

Fig. 6 presents the calculated values of the resulting wall thickness difference, which is accumulated on the rolling of the pipe from the first stand of the mill to the stand with the current number i using equivalent single-radius caliber (curve 1) and three-radius calibers, the parameters of which are calculated using known [6] method (curve 2) and proposed methods (curve 3).

In all cases, the rolling of the pipe along the route $119 \times 5 \rightarrow 42.5 \times 5$ mm (the average coefficient of plastic tension for the mill is $Z_{cp} = 0.481$) was analyzed with the distribution of partial deformations ε_i between the $N = 24$ stands of the mill, respectively, shown in Fig. 6 (curve 4). As follows from the data shown in Fig. 6, when rolling using single-radius calibers, the resulting final relative wall thickness

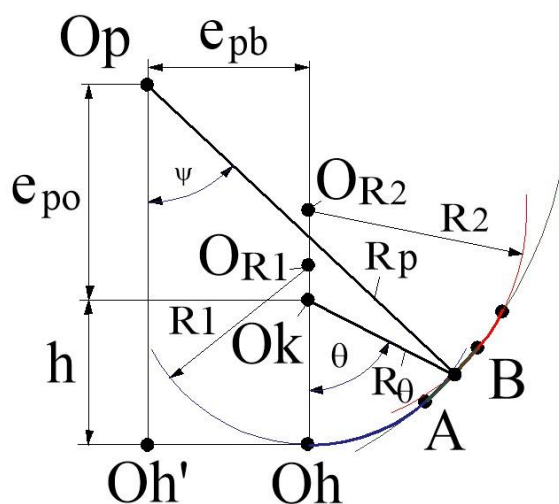


Fig. 5. Scheme for determining the current radius of three-radius caliber

Table 1

Parameter	Methodology [6]	Proposed	Note
D_{cpj} , mm	58,559	58,559	Calculated in advance
b_j , mm	29,996	29,996	Calculated in advance
h_j , mm	28,947	28,947	Calculated in advance
ε	0,05	0,05	Define
λ	1,030*	1,022**	*Calculate / ** Define
δb	-0.2	-0.2	Define
ϕ	1,047	1,047	Define through $n = 3$
θ_1	0,611*	0.332**	* Define / **Select
θ_2	0,785*	0.698**	* Define / **Select
R_1 , mm	27.659	17.540	Calculate
e_1 , mm	0,010*	-10.709	*Restricted by $e_1 > 0$
R_2 , mm	30.262	33.591	Calculate
e_2 , mm	3.300	7.990	Calculate
R_p , mm	49.629	748.974	Calculate
α	0.611	0.532	Calculate
γ	0.708	0.545	Calculate
ϕ_2	0.953	0.839	Calculate
e_{po} , mm	18.009	619.782	Calculate
e_{pb} , mm	12.598	370.780	Calculate
h , mm	27,649	28.876	Calculate
b , mm	28,477	28.249	Calculate
D_{cp} , mm	55,631	55,631	Calculate
λ_e	1,032	1,032	From equation (7)
λ/λ_e	0.998	0.990	



difference is $B_{\Sigma 24} = 10.45\%$. When using three-radius calibers $B_{\Sigma 24} = 8.98\%$ and $B_{\Sigma 24} = 4.67\%$, respectively, for the known method and the proposed method. This example shows that by designing three-radius calibers using the proposed technique, you can significantly reduce (1.9... 2.2 times) the level of relative wall thickness diversity of the finished pipes, ie increase their accuracy.

The decrease in the values of the wall thickness difference $B_{\Sigma i}$ when using the proposed three-radius calibers can be explained by the peculiarity of their shape, which is due to the fact that the eccentricity e_1 of the radius R_1 of the top of the caliber has a negative value ($e_1 < 0$). This means that, in contrast to one-radius and three-radius [6] calibers: the proposed caliber radius R_θ in the top area is smaller than the

average caliber radius $R_{cp} = \frac{D_{cp}}{2}$ (Fig. 7); radial compression

$\Delta R_\theta(\theta) = R_\theta(\phi - \theta) - R_\theta(\theta)$ is at the maximum in the middle of the caliber (at $\theta \approx \frac{\phi}{2}$),

and does not decrease monotonically from the top to the release (Fig. 8); the initial collision of the workpiece and the roll is not in the top of the caliber, but in the middle (Fig. 9).

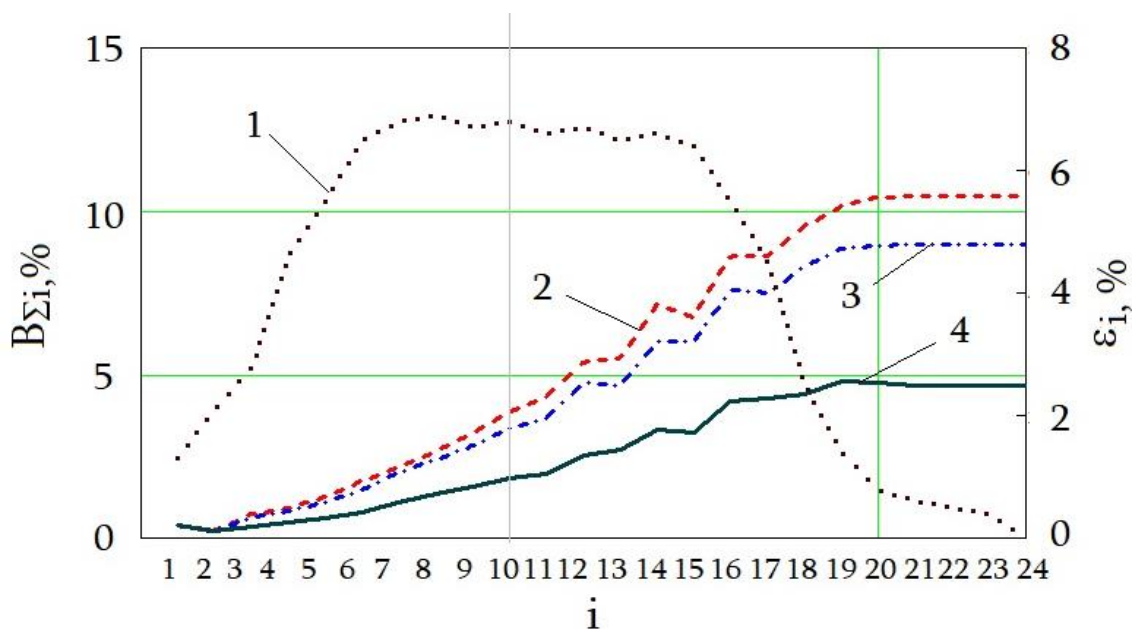


Fig. 6. Calculated dependences $B_{\Sigma i}(i)$ and the accepted distribution of partial relative compressions ϵ_i (designation - in the text)

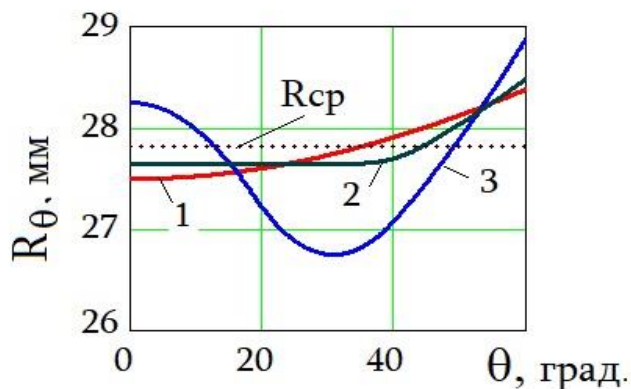


Fig. 7. Change of radius R_θ on $\frac{1}{2}$ caliber perimeter (parameters in tab. 1):
 1 - single-radius; 2 - three-radius [6]; 3 - three-radius that is proposed

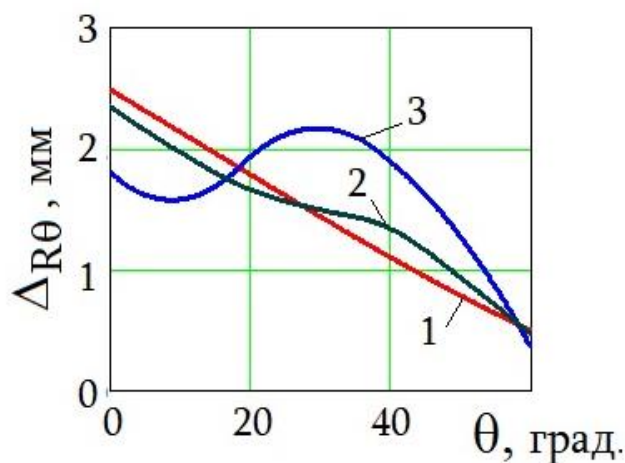


Fig. 8. Change of compression ΔR_θ on $\frac{1}{2}$ of caliber perimeter (parameters in tab. 1): 1 - single-radius; 2 - three-radius [6]; 3 - three-radius that is proposed

The fact that the radius of the proposed caliber is smaller than the radius of the known caliber [6] at $\theta \approx (0,25...0,90)\phi$ (Fig. 10) and the radial compression ΔR_θ is at the maximum at $\theta \approx \frac{\phi}{2}$, not at the top of the caliber (Fig. 8), causes "bilateral" flow of metal, which is deformed from the middle of the caliber in the direction of its top and release.

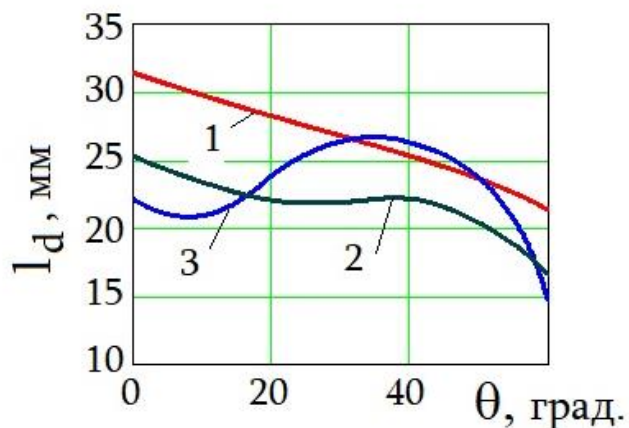


Fig. 9. Change in the length of the deformation zone l_d on $\frac{1}{2}$ caliber perimeter (parameters in Table 1): 1 - single-radius; 2 - three-radius [6]; 3 - three-radius that is proposed

From the point of view of the formation of the transverse wall thickness difference, such deformation conditions are more optimal than the conditions under which there is a one-way flow in the direction from the top to the release of the caliber.

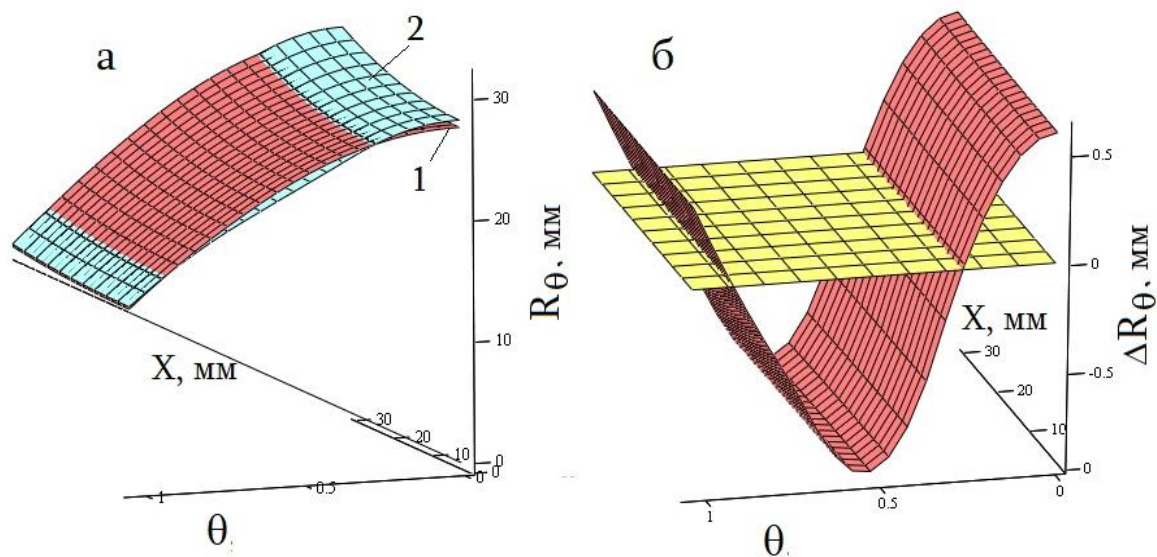


Fig. 10. Change of radii of calibers R_θ (a) and the difference between the radii of calibers ΔR_θ (b) along the length and perimeter of the deformation zone by $\frac{1}{2}$ of the perimeter of the caliber (parameters in Table 1): 1 - three-radius [6]; 2 - three-radius that is proposed



Conclusion

1. The advantages and disadvantages that occur when using one-, two- and three-radius calibers for continuous plugless pipe rolling are analyzed.

2. A design technique is proposed in which the transverse wall thickness diversity of finished pipes is a criterion for optimizing the parameters of three-radius caliber.

3. The comparison of the calculated values of the transverse wall thickness difference of the pipes is presented using the known three-radius calibers, proposed three-radius calibers, and equivalent single-radius calibers.

4. It is shown that by designing three-radius calibers using the proposed technique, it is possible to significantly reduce (1.9... 2.2 times) the level of relative wall thickness diversity of finished pipes, ie increase their accuracy.

5. The increase in the accuracy of the finished pipes can be explained by the fact that in the middle of the caliber the radius of the proposed caliber which is smaller than the radius of the known caliber and in this area the radial compression is at the maximum. This causes a "two-way" flow of metal, which is deformed from the middle of the caliber in the directions of its top and release. From the point of view of the formation of the transverse difference, such deformation conditions are more optimal than the conditions under which there is a one-way flow in the direction from the top to the release of the caliber.



KAPITEL 3 / CHAPTER 3.
TECHNOLOGY OF EMULSION CREAMS WITH FUNCTIONAL
INGREDIENTS FOR CATERING

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КРЕМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ КРЕМІВ З ВИКОРИСТАННЯМ
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ
ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-009

Введение

Современные тенденции в области питания связаны с созданием ассортимента адекватных продуктов питания, включающих такие нутриенты, как: пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, бифидобактерии и др. Перспективными в развитии данного направления являются эмульсионные продукты. Они пользуются повышенным спросом, легко усваиваются, в их состав могут быть включены различные ингредиенты, что позволяет получить широкий ассортимент эмульсий с различными функциональными и вкусовыми свойствами [1, 2].

В настоящее время в качестве эмульгаторов в пищевой промышленности используют яичный порошок, лецитин, жирные кислоты и некоторые синтетические эмульгаторы. Поиск новых нетрадиционных натуральных растительных эмульгаторов, изучение их функциональных свойств и рациональное использование является весьма перспективным. К новым нетрадиционным эмульгаторам можно отнести экстракты сапонинсодержащих растений, в т. ч. мыльнянки лекарственной.

Результаты социологических исследований указывают на существование на внутреннем рынке Российской Федерации определенного дисбаланса между существующим спросом на мучные кондитерские изделия с кремом с полезными для здоровья свойствами и реальным ассортиментом отечественной и импортной продукции в этом секторе продовольственных товаров [3, 4, 5].

Предположение о возможности создания кремов функционального назначения, жировой основой которых служило бы купажированное масло с оптимальным соотношением полиненасыщенных жирных кислот семейства ω -3 и ω -6, а в качестве наполнителей использованы фруктово-ягодные или овощные пюре, за счет которых можно не только обогатить их микронутриентами, но и



сформировать цвет и вкусоароматические свойства кремов без использования искусственных красителей и ароматизаторов. Поэтому большое внимание было уделено выбору эмульгатора, который позволил бы удерживать подобную систему в стабильном состоянии длительное время. В этой связи удачен выбор растительного эмульгатора, получаемого из корней мыльнянки лекарственной [6].

3.1. Скрининг функциональных ингредиентов

Высокие эмульгирующие свойства экстрактов из корней мыльнянки (ЭКМ) позволяют получать с их использованием стойкие пищевые эмульсии (майонезы, пасты). Кроме сапонинов, ответственных за эмульгирующую способность и емкость этих экстрактов, в корнях мыльнянки присутствуют и другие органические и минеральные соединения, способные переходить в водный экстракт и проявлять важные биологически-активные свойства, в том числе фенольные соединения, которые способны предотвращать процессы свободно-радикального окисления липидов и предохранять продукты от окислительной порчи при хранении.

Двумя количественными методами было определено содержание активных фенольных антиоксидантов в корнях мыльнянки, эквивалентное содержанию $4,2 \div 6,3 \times 10^{-3}$ % таких природных антиоксидантов, как кверцетин и галловая кислота, и эквивалентное количеству $2,4 \div 3,7 \times 10^{-3}$ % стандартного синтетического антиоксиданта ионола. Такое количественное содержание фенольных антиоксидантов, способных переходить в водный экстракт, может задерживать окисление липидов, содержащихся в продуктах, приготовленных с использованием этого экстракта. В корнях мыльнянки лекарственной, произрастающей в Приморском крае, содержится набор не идентифицированных фенольных соединений, среди которых преобладают полярные фенолы.

С целью получения кремов функционального назначения проведен скрининг ингредиентов, позволяющих удовлетворить при приеме приблизительно 50 г (масса крема при отделке одного пирожного) более 10% суточной потребности в основных минеральных веществах, витаминах и



обеспечить оптимальное соотношение полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) ω -3: ω -6 = 10:1, учитывая уровень витамина Е, необходимый для предотвращения перекисного окисления липидов в соответствии с рекомендациями ведущих нутриенциологов [7].

Жировой продукт с заданным сбалансированным составом можно получить методом смешивания (купажирования) растительных масел. Поэтому целью проводимых исследований являлось создание жировой основы для кремов функционального назначения, которая бы удовлетворяла потребность организма в ПНЖК и жирорастворимых витаминах.

При разработке рецептур жировой основы учитывали жирно-кислотный состав, физико-химические свойства и органолептические показатели различных масел. Массовые доли ПНЖК рассчитывали исходя из соотношения ω -6 и ω -3 жирных кислот в растительных маслах.

В качестве жировой основы при производстве кремов были подобраны смеси рафинированных соевого, подсолнечного и оливкового масел в различных соотношениях. Композиция № 1 (масло оливковое рафинированное дезодорированное: масло соевое рафинированное дезодорированное в соотношении 78,5:21,5) и композиция № 2 (масло соевое рафинированное дезодорированное: масло подсолнечное рафинированное дезодорированное в соотношении 50:50).

Соотношение ПНЖК ω -3: ω -6 в композиции купажированных масел № 1 составило 9,6:1; в композиции № 2 - 10,2:1, массовая доля витамина Е в жировых композициях составила 6-8 мг/100 г при суточной норме 8-10 мг.

В качестве стабилизаторов были выбраны БАД «Ламиналь» (изготовленный из бурых морских водорослей (*Laminaria japonica*) содержит 92-94 % воды, 6-8 % сухих веществ, в состав которых входит альгиновая кислота 5-6 % в форме альгината натрия-кальция, клетчатка – 1-1,5 %, белок – 1 %, минеральные макро- и микроэлементы – 0,6-0,8 %, представляет собой пастообразный гомогенизированный полуфабрикат зеленоватого или бурозеленого цвета со вкусом и запахом, свойственным вареной морской капусте) и полуфабрикаты (сиропы «Шарлотт», «Гляссе», «Заварной»), используемые в общественном питании для производства кремов, которые при взбивании со сливочным маслом позволяют получить однородную нежную массу с глянцевой поверхностью. Для обогащения разрабатываемых продуктов витаминами и минеральными веществами в рецептуру кремов вводили ягодные



(черносмородиновое, голубичное, малиновое, брусничное и др.) и овощные (тыквенное) пюре. Кроме того, используемое овощное и фруктово-ягодное сырье позволит получить необходимый цвет продукта без применения искусственных красителей.

С целью защиты липидов, жирорастворимых витаминов, красящих веществ от окислительной порчи и создания неблагоприятной среды для развития микроорганизмов в процессе хранения (снижение рН) в кремы вводили аскорбиновую кислоту (витамин С).

3.2. Влияние скорости взбивания на микроструктуру эмульсии

Экстракт - эмульгатор взбивали до образования пены при скорости вращения лопастей взбивальной машины 200-670 об/мин (МВ 35М, МВ- 60); 3000 об/мин (лабораторный гомогенизатор).

С целью детального изучения микроструктуры оптимальной модельной системы ЭКМ - масло, приготовленной при различной частоте вращения взбивального вала было проведено ее исследование с использованием микроскопического метода дифференциального анализа эмульсий.

Модельные системы ЭКМ-масло при частоте вращения взбивального вала от 200-500 об/мин не образовывали стабильных эмульсий, их расслоение происходило через 5-10 мин после эмульгирования. При повышении частоты вращения взбивального вала от 600 до 3000 об/мин происходила стабилизация системы. Данная эмульсия является однородной по размерам частиц, диаметр которых варьировал от 4-7 мкм. Было отмечено, что эмульсия оставалась стабильной в течение длительного времени, частицы не образовывали агрегатов.

Таким образом, для получения устойчивой эмульсии с использованием растительного эмульгатора из корней мыльнянки частота вращения взбивального вала должна составлять не менее 600 об/мин.



3.3. Определение допустимых интервалов содержания наполнителей и стабилизаторов в рецептурах кремов

Изучено влияние различного количества (сиропы «Шарлотт» - модельная система №1, «Гляссе» - модельная система №2, полуфабрикат «Заварной» - модельная система №3) и наполнителей (плодово-ягодные и овощные пюре) на вязкость полученных эмульсий при постоянном содержании масла (40%) и ЭКМ (3%) в модельных системах.

Для определения допустимых интервалов содержания стабилизаторов и наполнителей готовили модельные системы с добавлением сиропов «Шарлотт» - 15-50%, «Гляссе» - 15-40%, полуфабриката «Заварной» - 15-50% и наполнителей (плодово-ягодные и овощные пюре) 5-40%.

Эмпирическим путем было установлено, что при значениях вязкости от 30 до 34 Па·с модельные системы сохраняли стабильность и имели кремообразную консистенцию.

Графическая интерпретация зависимости вязкости от содержания стабилизаторов и наполнителей представлена на рис. 13-15, где η (x, y) – вязкость (Па·с); x – массовая доля наполнителя (%), y – массовая доля стабилизатора (%).

На основании обработки результатов эксперимента получены уравнения, адекватно описывающие математическую зависимость вязкости продукта (η) от содержания наполнителя (X) и стабилизатора (Y) для модельной системы №1:

$$\eta(x,y) = (110,47 - 7,47x + 0,25x^2 - 0,01x^2) + (-7,41 + 0,69x - 0,02x^2 + 0,01x^3)y + (0,29 - 0,03x + 0,01x^2 - 0,01x^3)y^2 + (-0,01 + 0,01x - 0,01x^2 + 0,01x^3)y^3;$$

для модельной системы №2:

$$\eta(x,y) = (147,75 - 12,15x + 0,43x^2 - 0,01x^3) + (-13,51 + 1,42x - 0,05x^2 + 0,01x^3)y + (0,53 - 0,06x + 0,01x^2 - 0,01x^3)y^2 + (-0,01 + 0,01x - 0,01x^2 + 0,01x^3)y^3;$$

для модельной системы №3:

$$\eta(x,y) = (158,55 - 12,14x + 0,39x^2 - 0,01x^3) + (-13,57 + 1,28x - 0,04x^2 + 0,01x^3)y + (0,58 - 0,05x + 0,01x^2 - 0,01x^3)y^2 + (-0,01 + 0,01x - 0,01x^2 + 0,01x^3)y^3.$$

Коэффициент корреляции представленных графических моделей находится в пределах от 0,9763 до 0,9933. Это означает, что аппроксимация функции отклика в виде полученных уравнений позволяет с вероятностью в 95% рассчитать значения факторов по моделям, которые не будут отличаться от истинных на величину погрешности, определяемой статистически.

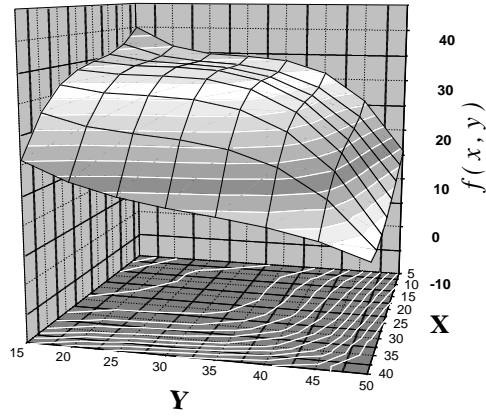


Рис. 1 Поверхность отклика для вязкости модельной системы №1

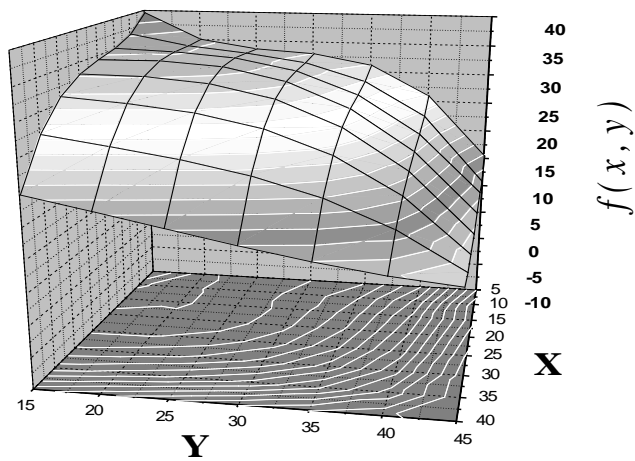


Рис. 2 Поверхность отклика для вязкости модельной системы №2

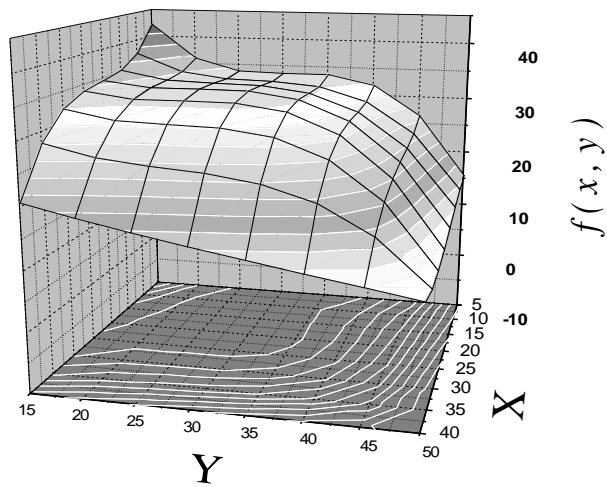


Рис. 3 Поверхность отклика для вязкости модельной системы №3



Таким образом, допустимые интервалы содержания в модельных системах кремов составили для сиропа «Шарлотт» (20-40%), сиропа «Глясе» (20-35%), полуфабриката «Заварной» (20-40%) с наполнителями из плодово-ягодных и овощных пюре (10-30%).

3.4. Разработка технологии кремов и их экспертиза

С учетом допустимых интервалов содержания основных компонентов в эмульсии (эмульгатор, жировая основа, стабилизатор, наполнитель) нами были разработаны рецептуры кремов функционального назначения с названиями «Лакомка», «Фантазия», «Сладкоежка».

Кремы функционального назначения на основе растительного эмульгатора по 10 рецептур каждого наименования: «Лакомка» (с добавлением сиропа «Шарлотт»), «Фантазия» (с добавлением сиропа «Гляссе»), «Сладкоежка» (с добавлением «Заварного полуфабриката»). Рецептуры отличались видом наполнителя.

Динамику устойчивости и стабильности кремов на основе растительного эмульгатора при хранении исследовали по комплексу органолептических, физико-химических, реологических и микробиологических показателей.

Исследовали опытные образцы кремов на растительном эмульгаторе («Лакомка», «Фантазия», «Сладкоежка») с наполнителем (пюре кураги с облепиховым сиропом), приготовленные по разработанным рецептурам, как свежеприготовленных, так и хранившихся при температуре 0-5⁰С в холодильнике (влажность 70±2 %). Контрольным образцом являлся сливочный крем «Шарлотт», в котором в качестве жировой основы использовалось сливочное масло.

Результаты исследований органолептических показателей в процессе хранения показали, что в контрольном и опытных образцах кремов в течение трех суток хранения органолептические показатели качества практически не изменялись. После трех суток хранения контрольный образец имел выраженный вкус и запах прогорклого масла, не свойственный данному продукту, на поверхности появились капельки отделившейся влаги. Опытные образцы имели высокие органолептические показатели в течение 18 дней.

Разработанные образцы кремов можно отнести к низкокалорийным (443-



490 ккал), так как содержание жира в них составляет 40,4-48,0%. Анализ жирнокислотного состава показал, что в липидах кремов содержится от 24,6 до 66,5 % полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), от 6,3 до 8,5% - насыщенных жирных кислот (НЖК), от 22,9 до 25,0 % - мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК). При этом соотношение жирных кислот семейства ω -3: ω -6 приближено к оптимальному составляет 9,8:1 (с композицией масел №1) и 10,3:1 (с композицией масел № 2). Минеральный состав кремов включает практически все необходимые для организма человека макро-, и микроэлементы. Результаты исследования минерального состава разработанных кремов показали, что соотношения Са:Mg и Са:P максимально приближены к оптимальным (1:0,75 и 1:1,5) соответственно.

Установлено, что в 100 г разработанных кремов содержание витаминов составляет: А -1%, В₁ 3%, В₂ - 4%, С - 30%, Е - 24%, РР -4% соответственно от среднесуточной физиологической нормы потребления.

Результаты исследования биологической доступности кремов функционального назначения показали, что при количественном подсчете инфузорий в камере Горяева наблюдался нормальный рост и размножение их в присутствии данных продуктов. Наибольшая активность и стимулирующий эффект наблюдались в кремах, содержащих, ламиналь, малину, курагу. Угнетение подвижности, гибель или деформация клеток, как свидетельство токсичности не наблюдались ни в одной пробе из образцов пищевых продуктов.

Следует отметить, что на фоне низкого содержания белка в разработанных продуктах, который составил – 0,7 –2,7 г/100г, наблюдаются высокие показатели биологической ценности.

Относительная биологическая ценность кремов на основе растительного эмульгатора функционального назначения составила 78,7 - 98,7%. Это говорит о том, что в их состав входит комплекс необходимых клетке микроэлементов, витаминов, флавоноидов, аскорбиновой кислоты, замедляющих процесс окисления жиров. Можно предположить, что комплекс биологически активных веществ, входящих в состав растительных наполнителей усиливает природные свойства организма и поднимает иммунную систему.

Таким образом, анализ полученных данных показал, что разработанные кремы можно отнести к функциональным продуктам, так как содержание в их



составе биологически активных веществ обеспечивает удовлетворение средней суточной физиологической нормы их потребления на 10 - 50%.

Установлено, что физико-химические показатели опытных образцов кремов, такие, массовая доля влаги, стойкость эмульсии, рН, не претерпевают заметных изменений в течение 18 суток хранения. В процессе хранения массовая доля витамина Е оставалась на прежнем уровне, а витамина С снизилась до 27%.

Значения кислотных и перекисных чисел липидов кремов после 18 суток хранения в опытных образцах увеличились незначительно по сравнению с контрольным, что, очевидно, связано с наличием в рецептурах кремов функциональных ингредиентов, обладающих антиоксидантными свойствами.

Выводы

В работе обоснован выбор функциональных ингредиентов для обогащения кремов на основе растительного эмульгатора: в качестве витаминов-антиоксидантов - витамины С, Е; источником ПНЖК оптимального соотношения семейства ω -3: ω -6 = 10:1 (для здорового питания) - купажированные растительные масла; в качестве пищевых волокон и источников витаминов, минеральных веществ — ягодное, фруктовое, овощное пюре.

Изучено влияние стабилизирующих систем и наполнителей на устойчивость эмульсии, разработаны рецептуры и технология кремов с использованием функциональных ингредиентов.

Проведена товароведная экспертиза разработанных кремов. Динамика органолептических, физико-химических и микробиологических показателей качества позволила обосновать оптимальные сроки хранения кремов, гарантирующие их безопасность и высокий уровень качества в течении 10 суток. Результаты исследований жирнокислотного, минерального состава кремов свидетельствуют о высокой биологической ценности данных продуктов. Липиды кремов в основном представлены моноеновыми и полиеновыми жирными кислотами. Биологическая доступность разработанных кремов изучена на культуре *Tetrachimena puriformis*. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о высокой биологической ценности и биодоступности разработанных кремов на основе растительного эмульгатора. Использование в технологии производства кремов растительных ингредиентов,



содержащих ценные минеральные вещества, позволяет существенно повысить биологическую ценность и биодоступность микронутриентов в разработанных продуктах.



KAPITEL 4 / CHAPTER 4.
**IMPACT OF REACTIVE POWER COMPENSATION MODE ON
CALCULATION OF ELECTRICITY LOSSES IN POWER NETWORKS OF
OIL AND GAS COMPLEX**

*ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА
РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА*
*ВПЛИВ РЕЖИМУ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА
РОЗРАХУНОК ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ
НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-021

Вступ

На сьогоднішній день зменшення втрати електроенергії та видатків на її оплату, а також покращення якості електроенергії в електричних мережах нафтогазових комплексів (НГК) доцільно здійснювати шляхом компенсації реактивної потужності навантаження. Слід зазначити, що обмежена повнота та ймовірність відповідної інформації про навантаження будуть впливати на прийнятну точність оцінювання втрат електроенергії під час вибору економічно доцільної потужності компенсувальних пристроїв (КП).

Під час оцінювання втрат електроенергії використовують добові або річні графіки навантаження у функції часу [1, 2]. У випадку відсутності графіка $Q(t)$ роблять допущення, що реактивна потужність навантаження змінюється подібно активній, а визначення повної потужності здійснюють за середнім значенням коефіцієнта потужності $\cos\varphi_{\text{ср}}$, який умовно приймають сталим впродовж року. З метою спрощення процедури оцінювання втрат на практиці зазвичай використовують добові графіки за характерні періоди часу, встановлюючи кількість характерних діб у межах розрахункового періоду. Однак, як показали дослідження [3, 4], такий спосіб не забезпечує необхідної точності через постійний вплив на енергосистему регулярних та нерегулярних збурень, так як схема, режими і втрати електроенергії не залишаються сталими впродовж розрахункового періоду.

Одним з найпоширеніших наближених методів розрахунку є розрахунок втрат за часом найбільших втрат τ . Проте у більшості випадків τ враховують сталою величиною, що вносить додаткову похибку в розрахунок. У разі компенсації реактивного навантаження час найбільших втрат τ , який залежить від площі графіка квадратичних навантажень, змінюється залежно від



потужності КП.

Як бачимо, з метою зменшення похибок розрахунків та вибору оптимальної потужності КП доцільно враховувати залежність часу найбільших втрат від зміни графіка реактивних навантажень під час визначення втрат електроенергії.

4.1. Методика дослідження.

Якщо навантаження електричної мережі змінюється в часі, то сумарні втрати електроенергії за розрахунковий період можна визначити як суму втрат енергії за різних режимів навантаження S_i як

$$\Delta W = \sum_{i=1}^n \Delta P_i \Delta t_i = \frac{R}{U^2} \sum_{i=1}^n S_i^2 \Delta t_i, \quad (1)$$

де ΔP_i – втрати потужності на інтервалі часу Δt_i ;

R – активний опір електричної мережі;

U – середній рівень напруги у вузлі навантаження;

S_i – потужність навантаження, віднесена до інтервалу часу Δt_i ;

n – кількість інтервалів часу графіка електричних навантажень.

Оскільки рівні напруги у вузлах навантаження у більшості випадків невідомі й змінюються в невеликих межах, то під час розрахунку втрат електроенергії приймають $U = U_{\text{ном}}$.

Річні втрати активної електроенергії в лінії за часом найбільших втрат обчислюють за формулою

$$\Delta W = \frac{S_{\text{нб}}^2}{U_{\text{ном}}^2} R \tau = \frac{P_{\text{нб}}^2 + Q_{\text{нб}}^2}{U_{\text{ном}}^2} R \tau = \Delta P_{\text{нб}} \tau, \quad (2)$$

де $\Delta P_{\text{нб}}$ – втрати активної потужності в режимі максимальних навантажень.

Час найбільших втрат τ визначають розрахунковим шляхом для характерних графіків навантаження споживачів різних галузей з виразу

$$\tau = \frac{\int_0^{8760} S^2(t) dt}{S_{\text{нб}}^2}. \quad (3)$$

і наводять у довідниках залежно від часу використання найбільшого навантаження $T_{\text{нб}}$ і середнього значення коефіцієнта потужності.



Наближене значення τ можна визначити також за емпіричною формулою

$$\tau = \left(0.124 + \frac{T_{н\bar{o}}}{10000} \right)^2 8760. \quad (4)$$

З метою врахування конфігурації графіків навантаження, фактичних значень коефіцієнтів потужності, можливого неспівпадіння максимумів активної та реактивної потужності в часі у межах доби та року можна розраховувати втрати електроенергії від протікання активної та реактивної потужностей окремо. Для цього за графіками тривалості активних і реактивних навантажень розраховують час найбільших втрат τ_a для активної і τ_p для реактивної потужності:

$$\tau_a = \frac{\int_0^{8760} P^2(t) dt}{P_{н\bar{o}}^2}; \quad (5)$$

$$\tau_p = \frac{\int_0^{8760} Q^2(t) dt}{Q_{н\bar{o}}^2}, \quad (6)$$

після чого визначають втрати електроенергії за формулою

$$\Delta W = \frac{P_{н\bar{o}}^2 \tau_a + Q_{н\bar{o}}^2 \tau_p}{U_{ном}^2} R, \quad (7)$$

або для навантажень, заданих струмами,

$$\Delta W = 3I_{н\bar{o}}^2 R (\tau_a \cos^2 \varphi_{н\bar{o}} + \tau_p \sin^2 \varphi_{н\bar{o}}). \quad (8)$$

В умовах експлуатації електричних мереж втрати електроенергії здебільшого визначають за наближеною методикою через час найбільших втрат τ за формулою (4), при цьому час використання найбільшого навантаження $T_{н\bar{o}}$ розраховують за річним графіком тривалості активних навантажень

$$T_{н\bar{o}} = \frac{\sum_i^n P_i \Delta t_i}{P_{н\bar{o}}} \quad (9)$$

або за річним споживанням активної електроенергії WP як

$$T_{н\bar{o}} = \frac{WP}{P_{н\bar{o}}}. \quad (10)$$

У випадку компенсації реактивного навантаження час найбільших втрат можна розрахувати за формулою



$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2 \Delta t_i}{S_{нб}^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 + (Q_i - Q_k)^2) \Delta t_i}{P_s^2 + (Q_s - Q_k)^2}, \quad (11)$$

де P_s , Q_s – активна і реактивна потужності, які відповідають максимальному значенню повної потужності навантаження $S_{нб}$;

Q_k - потужність компенсувальних пристроїв.

4.2. Аналіз залежності часу найбільших втрат від потужності КП.

Розрахуємо річні втрати електроенергії за часом найбільших втрат в лінії напругою 10 кВ і активним опором $R=5$ Ом для заданих на рис. 1 добових графіків активних і реактивних навантажень у припущенні їх однакової форми впродовж року, та проаналізуємо залежність $\tau = f(Q_k)$ для різних варіантів компенсації реактивної потужності.

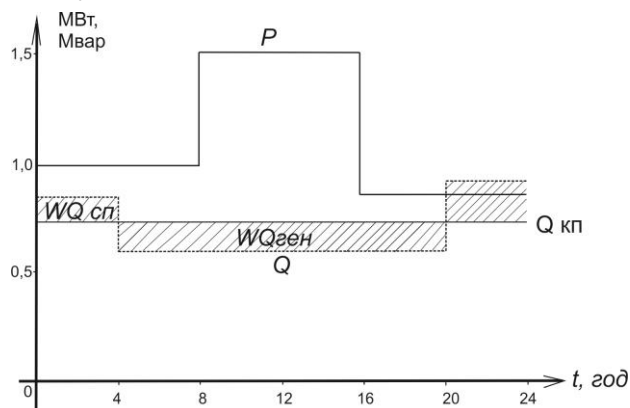


Рис. 1. Добові графіки навантаження до і після компенсації реактивної потужності

Для заданого графіка активних навантажень річне споживання активної електроенергії становить $WP = 9636$ кВт·год. При цьому час використання максимального навантаження за (10) $T_{нб} = 6424$ год. Час найбільших втрат за емпіричною формулою (4) становить $\tau = 5145$ год.

Визначаємо втрати активної потужності в режимі максимального навантаження за відсутності компенсації:

$$\Delta P_{нб} = \frac{S_{нб}^2}{U_{ном}^2} R = \frac{1.5^2 + 0.6^2}{10^2} 5 = 0.131 \text{ МВт.}$$



Річні втрати активної електроенергії наближено дорівнюватимуть

$$\Delta W_{наб} = \Delta P_{нб} \tau = 0.131 \cdot 5145 = 671 \text{ МВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо фактичний час найбільших втрат за квадратичним графіком повного навантаження за рік виразом (11):

$$\tau_s = \left(\frac{(1^2 + 0.8^2) \cdot 4 + (1^2 + 0.6^2) \cdot 4 + (1.5^2 + 0.6^2) \cdot 8 + (0.8^2 + 0.6^2) \cdot 4 + (0.8^2 + 0.9^2) \cdot 4}{1.5^2 + 0.6^2} \right) \cdot 365 = 5969 \text{ год}$$

Фактичні втрати електричної енергії за рік становитимуть

$$\Delta W = \Delta P_{нб} \tau_s = 0.131 \cdot 5969 = 779 \text{ МВт} \cdot \text{год}.$$

Аналогічний результат можна одержати безпосередньо методом графічного інтегрування втрат потужності за формулою (1).

Похибка визначення втрат електроенергії наближеним методом розрахунку становить

$$\delta = \frac{671 - 779}{779} = -13.8 \%,$$

тобто є значною.

Проаналізуємо вплив форми графіка активних навантажень на похибку наближеного методу розрахунку втрат електроенергії. Наближено τ визначають за емпіричною формулою (4) через час використання найбільшого навантаження $T_{нб}$, величина якого залежить від форми графіка активних навантажень. Для аналізу залежності похибки наближеного методу розрахунку втрат електроенергії була проведена серія розрахунків для різних значень максимального активного навантаження. При цьому активне навантаження в інші періоди часу і графік реактивного навантаження залишалися сталими. Результати розрахунків наведені в таблиці 1. Як бачимо, у разі зменшення максимального навантаження $P_{нб}$ від 1.5 МВт до 1.1 МВт величина $T_{нб}$ збільшується від 6424 год до 7698 год внаслідок вирівнювання графіка активних навантажень, при цьому згідно з (4) наближене значення $\tau_{набл}$ збільшиться від 5145 до 6998 год, а наближене значення втрат електроенергії за відсутності компенсації становитиме

$$\Delta W_{наб} = \Delta P_{нб} \tau = \frac{1.1^2 + 0.6^2}{10^2} \cdot 5 \cdot 6998 = 0.09 \cdot 6998 = 573 \text{ МВт} \cdot \text{год}.$$

Час максимальних втрат, визначений за квадратичним графіком навантаження $\tau_s = 7647$ год, при цьому фактичне значення втрат електроенергії

$$\Delta W = \Delta P_{нб} \tau = 0.09 \cdot 7647 = 627 \text{ МВт} \cdot \text{год},$$



а похибка розрахунку втрат зменшиться і становитиме $\delta = -8.5\%$.

Таблиця 1

**Результати розрахунку втрат електроенергії за різних значень
максимального активного навантаження**

$P_{нб}$, кВт	$T_{нб}$, ГОД	$\tau_{набл}$, ГОД	τ_s , ГОД	$\Delta W_{набл}$, кВт·ГОД	ΔW_s , кВт·ГОД	δ , %
1	8176	7767	7273	637	596	6.8
1.1	7698	6998	7647	573	627	-8.5
1.2	7300	6389	7341	575	660	-13.0
1.3	6963	5895	6802	604	697	-13.3
1.4	6674	5487	6305	636	737	-13.7
1.5	6424	5145	5968	671	778	-13.8
1.6	6205	4855	5645	708	824	-14.1

У разі зменшення максимального навантаження до 1 МВт похибка розрахунку втрат електроенергії стає додатною і становитиме $\delta = 6.8\%$.

Як бачимо з розрахунків, похибка розрахунку втрат електроенергії за часом найбільших втрат залежить від форми графіка активних навантажень. У випадку збільшення нерівномірності графіка (коефіцієнта форми) похибка з додатної поступово змінюється на від'ємну і зростає за абсолютною величиною.

Проаналізуємо вплив компенсації реактивного навантаження на похибку наближеного методу розрахунку втрат електроенергії. Розглянемо для даних наведеного вище прикладу варіант компенсації реактивної потужності навантаження нерегульованими компенсувальними пристроями (КП) потужністю $Q_k = 0.5$ Мвар. При цьому споживання активної енергії не зміниться, а споживання реактивної енергії зменшиться. Час найбільших втрат з врахуванням компенсації реактивної потужності за виразом (11) становить $\tau_s = 5213$ год. Втрати активної потужності $\Delta P_{нб} = 0.113$ МВт, а річні втрати електроенергії з врахуванням компенсації реактивної потужності, будуть становити $\Delta W = 589$ МВт·год. Визначимо втрати електроенергії від передачі активної та реактивної потужностей окремо

$$\Delta W_a = \frac{P_{нб}^2}{U_{ном}^2} R = \Delta P_{a,нб} \tau_a ; \quad (12)$$



$$\Delta W_p = \frac{(Q_{нб} - Q_K)}{U_{ном}^2} R = \Delta P_{р.нб} \tau_p, \quad (13)$$

$$\text{де } \Delta P_{а.нб} = \frac{1.5^2}{10^2} 5 = 0.113 \text{ МВт}; \quad \Delta P_{р.нб} = \frac{(0.9 - 0.5)^2}{10^2} 5 = 0.008 \text{ МВт}.$$

Згідно з виразами (5) і (6) часи найбільших втрат $\tau_a = 5048$ год і $\tau_p = 2644$ год.

Тому за (12) і (13) $\Delta W_a = 568$ МВт·год і $\Delta W_p = 21$ МВт·год. Сумарні річні втрати

$\Delta W = 568 + 21 = 589$ МВт·год, тобто результати розрахунку втрат електроенергії збігаються з попереднім розрахунком.

Якщо не враховувати залежність часу найбільших втрат від зміни графіка повного навантаження, і задавати τ сталою величиною, то втрати активної електроенергії за рік становитимуть $\Delta W_{наб} = 0.113 \cdot 5145 = 581$ МВт·год.

Похибка розрахунку втрат електроенергії за часом найбільших втрат, визначеним за емпіричною формулою (4), становитиме $\delta = -1.4\%$, а її значення порівняно з відсутністю компенсації зменшується внаслідок зменшення реактивної складової потужності навантаження та її впливу на величину повної потужності.

Аналіз показав, що час найбільших втрат τ залежить від конфігурації графіків активного й реактивного навантажень, їх тривалості та потужності КП. За однакової конфігурації графіків та однакового співвідношення між активним і реактивним навантаженням час найбільших втрат від передачі активної, реактивної й повної потужностей є однаковим, так як коефіцієнти потужності навантаження є незмінними протягом всього розрахункового періоду.

У разі компенсації реактивної потужності навантаження змінюється конфігурація графіка реактивних навантажень, тому час найбільших втрат від передачі реактивної і повної потужностей змінюється. Одночасно при цьому змінюється величина максимальних втрат потужності.

Таким чином, на величину похибки δ впливає зміна конфігурації графіка реактивних навантажень. Для того, щоб проаналізувати залежність часу найбільших втрат від потужності компенсувальних пристроїв була проведена серія розрахунків для різних варіантів компенсації. Результати розрахунків наведені в таблицях 2, 3. Графіки залежностей $\tau = f(Q_K)$ і $\Delta WP = f(Q_K)$ для



заданих графіків навантажень зображені на рисунках 2, 3.

Як бачимо, похибка під час визначення втрат електроенергії наближеним методом може бути значною і залежить від конфігурації графіків активних та реактивних навантажень й потужності компенсувальних пристроїв Q_K . У випадку перекомпенсації вона стає додатною, тобто втрати, розраховані за наближеною методикою, будуть більшими від фактичних втрат (див. табл. 2).

Таблиця 2

Результати розрахунку втрат електроенергії за різних значень потужності компенсації Q_K

Q_K , квар	τ , год	$\Delta P_{нб}$, кВт	$\Delta W_{нб}$, МВт·год	ΔW , МВт·год	δ , %
0	5969	0.131	671.4	778.9	-13.8
0.1	5787	0.125	643.1	723.4	-11.1
0.2	5616	0.121	620.0	676.7	-8.4
0.3	5459	0.117	602.0	638.8	-5.8
0.4	5324	0.115	589.1	609.6	-3.4
0.5	5213	0.113	581.4	589.1	-1.3
0.6	5133	0.113	578.8	577.4	0.2
0.683	5090	0.113	580.6	574.4	1.1
0.7	5084	0.113	581.4	574.5	1.2
0.8	5069	0.115	589.1	580.4	1.5
0.9	5085	0.117	602.0	595.0	1.2
1	5131	0.121	620.0	6183	0.3

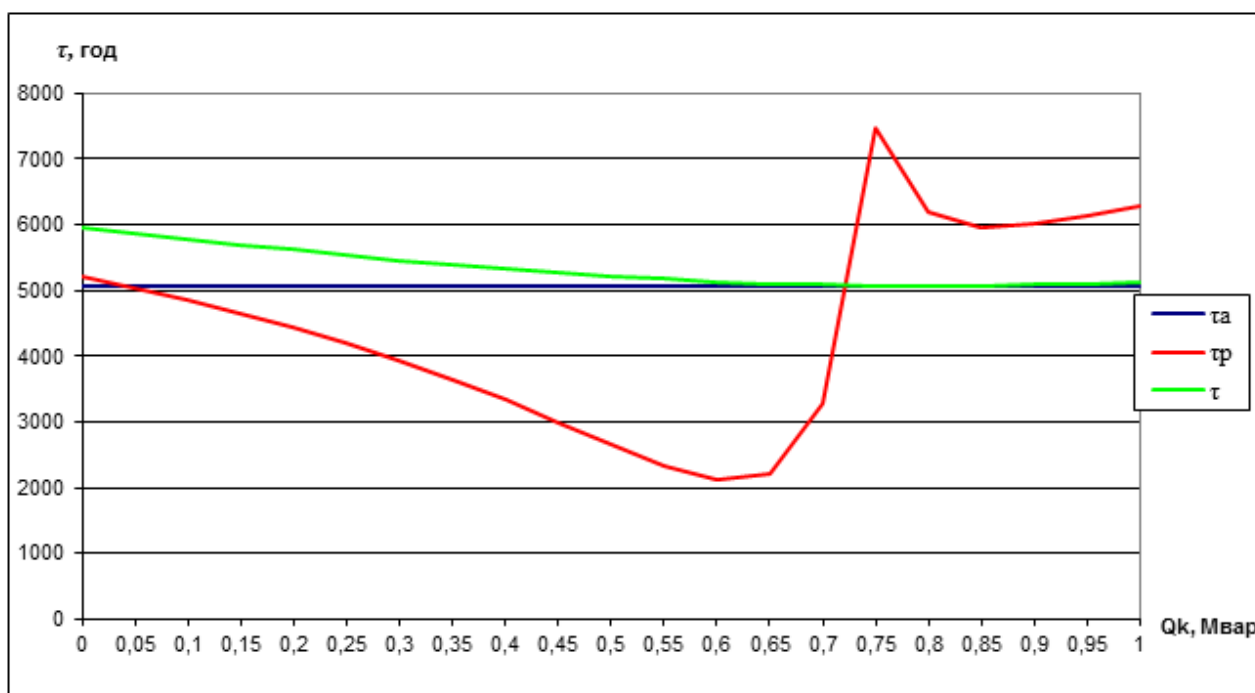


Рис. 2. Графіки залежності часу максимальних втрат від компенсації



Таблиця 3

Результати розрахунку втрат електроенергії від передачі активної та реактивної потужності

Q_K , квар	τ_a , ГОД	τ_p , ГОД	$\Delta P_{a.нб}$, кВт	$\Delta P_{p.нб}$, кВт	ΔW_a , МВт·ГОД	ΔW_p , МВт·ГОД	ΔW , МВт·ГОД
0	5048	5209	0.113	0.041	567.9	211.0	778.9
0.1	5048	4859	0.113	0.032	567.9	155.5	723.4
0.2	5048	4440	0.113	0.025	567.9	108.8	676.7
0.3	5048	3934	0.113	0.018	567.9	70.8	638.8
0.4	5048	3329	0.113	0.013	567.9	41.6	609.6
0.5	5048	2646	0.113	0.008	567.9	21.2	589.1
0.6	5048	2109	0.113	0.005	567.9	9.5	577.4
0.683	5048	2746	0.113	0.002	567.9	6.4	574.4
0.7	5048	3285	0.113	0.002	567.9	6.6	574.5
0.8	5048	6205	0.113	0.002	567.9	12.4	580.4
0.9	5048	6002	0.113	0.005	567.9	27.0	595.0
1	5048	6296	0.113	0.008	567.9	50.4	618.3

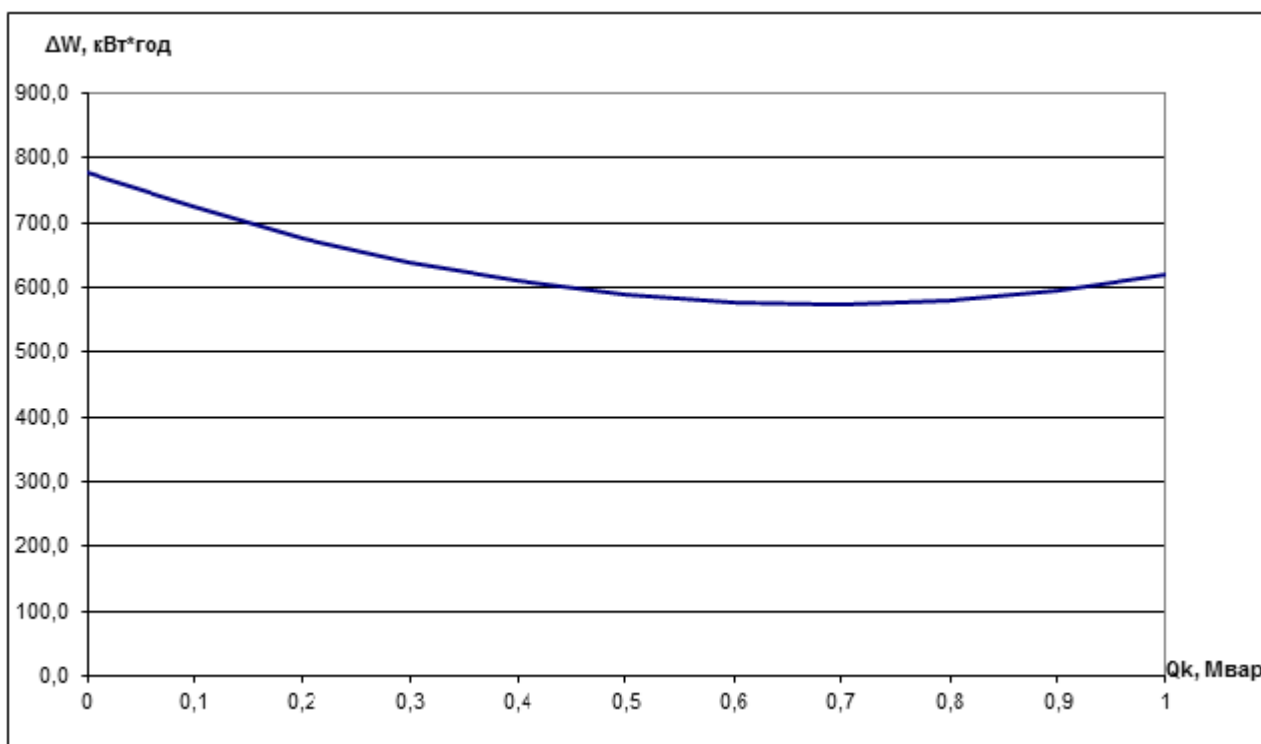


Рис. 3. Графік залежності втрат електроенергії від компенсації

Висновки

В даній роботі показано, що похибка розрахунку втрат наближеним методом залежить від конфігурації графіків і тривалості активних та



реактивних навантажень.

Неврахування зміни часу найбільших втрат від зміни графіка реактивного навантаження призводить до значних похибок під час техніко – економічних розрахунків.

Показано, що у разі компенсації реактивного навантаження похибка розрахунку втрат електроенергії наближеним методом зменшується внаслідок зменшення впливу цього навантаження на величину повної потужності, при цьому час найбільших втрат зменшується і досягає мінімального значення за потужності компенсації, яка відповідає мінімуму втрат електроенергії.



KAPITEL 5 / CHAPTER 5.
**CURRENT STATE AND PROSPECTS OF INTEGRATION OF ROBOTICS
AND MEDICINE**

*СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ
РОБОТОТЕХНИКИ И МЕДИЦИНЫ*
*СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЇ РОБОТОТЕХНІКИ І
МЕДИЦИНИ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-051

Вступ

Технологічний прогрес цифрової медицини сьогодення сприяє як духовному, так і фізичному розвитку людства. Найкращі сучасні представниками величезного ринку різноманітних трекерів, мобільних додатків, роботизованих пристроїв та систем дозволяють не тільки стежити за здоров'ям, а й повертати його, беручи активну участь як в фізичній, так і в соціально-психологічній реабілітації пацієнтів. Зараз роботам довіряють не тільки проводити аналітику стану людського організму, але і цілі хірургічні втручання, деколи повністю підміняючи людину [1].

Тому однією з основних галузей впровадження роботизованих систем та штучного інтелекту є сучасна медична галузь. Цьому сприяли такі фактори, як висока точність дій та зменшення ймовірності зараження лікаря хворобами пацієнта під час проведення операції, можливість виконання функцій, недоступних людині-лікарю, підвищенням рівня діагностики захворювань та догляду за пацієнтами під час їх реабілітації.

Сучасний розвиток ІТ-технологій лідирує серед усіх напрямків та галузей науки і техніки в усьому світі. Серед країн, які входять до списку найрозвиненіших в цій сфері, головують Японія, Німеччина та Південна Корея. За останні чотири роки вітчизняний ІТ-ринок виріс вдвічі, але більшість фахівців надають послуги аутсорсингу програмного забезпечення клієнтам з Західної Європи та США [2]. Робототехніка є однією зі світових галузей, яка на теперішній час розвивається найінтенсивніше, загальний обсяг продажів промислових роботів продовжує зростати (рис. 1).

На сьогодні розвиток ІТ-сфери, зокрема робототехніки, є пріоритетним для нашої держави, тому актуальним є впровадження навчання робототехніці, зокрема, у вищій медичній освіті.

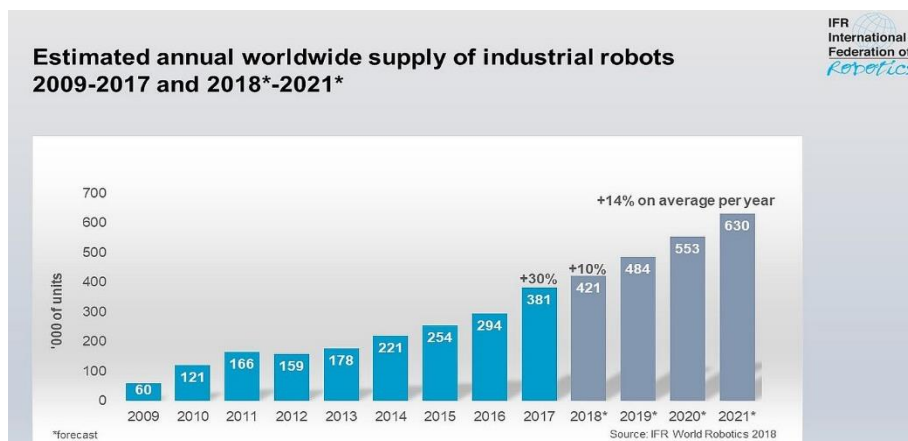


Рис. 1. International Federation of Robotics (IFR)

5.1. Використання робототехніки в світовій медицині

Зважаючи на світову пандемію та швидке глобальне поширення COVID-19, виникла необхідність захисту здоров'я медичного персоналу та пересічних громадян, своєчасного обеззараження та дезінфекції задля попередження можливості виникнення нових випадків захворювання. І тут на допомогу приходять новітні технології такі, як роботи-дезінфектори, роботи-помічники для безпосереднього контакту з інфікованими коронавірусом пацієнтами. Для захисту медичних працівників співробітники Політехнічного університету Гонконгу першими надрукували на 3D принтері "щити", що надіваються поверх класичних медичних масок для захисту слизових оболонок очей. Використовуючи надруковані на 3D принтері рамки як майстер-моделі, можна створити матриці для лиття деталей з поліуретану. Це дозволяє збільшити кількість виробленого виробу в десятки разів, а так само здешевити вартість. [1].

Для сучасної медичної галузі вже розроблено та введено в експлуатацію велику кількість роботизованих систем та роботів. З них в реабілітації використовують таких роботів, як роботи-помічники (Omnicell M5000, TransCar LTC 2, RoboCourier), роботи-масажисти (Emma), дружні роботи-доглядальниці (Stevie та Mabu), роботи, створені для покращення психоемоційного стану пацієнтів та багато інших [3].

Необхідність створення пристроїв, що дозволяють людям з обмеженими можливостями виконувати звичні дії, є незаперечним і цілком закономірним явищем. Для вирішення проблеми обмеженості руху в рухах фахівцями



компанії Dexta Robotics створено екзоскелет під назвою Dexmo. Його унікальність полягає в тому, що він орієнтований виключно на руки, причому розробникам вдалося домогтися того, що користувач зможе відчутти реальні дотики до об'єктів у віртуальному світі.

GesturePod пропонує варіант інтерфейсу смартфона для людей з порушеннями зору, який передає інформацію тростині, яку вони використовують. Цей невеликий блок управляється MKR1000 і використовує ІМУ для визначення жестів рук, застосовуваних до тростини [4].

Окуляри, інвалідні коляски, кардіостимулятори та інші пристрої, щоб люди могли бачити і легше орієнтуватися в світі - суперсучасні роботизовані системи

Робототехнічна хірургія має три основні досягнення - віддалена хірургія, малоінвазивна хірургія та безпілотна хірургія. Основними потенційними перевагами роботизованої хірургії є точність та мініатюризація, артикуляція поза звичайною маніпуляцією та тривимірне збільшення.

Хірургічна система daVinci є значним проривом у галузі медичної робототехніки [5]. Вона складається з ергономічної консолі хірурга, стійки з чотирма інтерактивними роботизованими руками біля операційного столу, високопродуктивної системи огляду InSite і інструментів EndoWrist. Озброєні найсучаснішою роботизованою технологією рухи рук хірурга масштабуються, фільтруються і поступово перетворюються в точні рухи інструментів EndoWrist. У підсумку, створюється інтуїтивний інтерфейс з чудовими хірургічними можливостями. Перевагами цієї системи є те, що вона може використовуватися для різних процедур; покращена вправність, точність і керованість рухів; Da Vinci дозволяє транслювати рухи рук хірурга до відповідних мікро-рухів інструментів всередині пацієнта; 4 роботизовані руки з інструментами згинаються на 90 градусів; відсутність тремору; оптимальне зрівнювання оптичної та рухової осі; положення сидячи; зменшується ризик інфікування гепатитом, ВІЛ і т. п. Основними недоліками системи daVinci є тривалість настройки обладнання, та його висока вартість. Але головною проблемою є необхідність тривалої перепідготовки та навчання медичного персоналу.



5.2. Робототехніка в сучасній ерготерапії

На сьогоднішній день країни Європи та США мають сильні галузі, що працюють в секторі реабілітації та покращують всі можливі аспекти розвитку технологій, а саме:

1) *Посібники для реабілітації*. Це розробка допоміжних засобів, що необхідні для ознайомлення медичного персоналу або доглядачів з нюансами роботи в сфері робототехніки.

2) *Засоби, що здатні замінити втрачені функції та протези*. Ці пристрої створені для поліпшення мобільності та моторних навичок. Як приклад – протез або екзоскелет, що здатний адаптуватися до користувача та навколишнього середовища.

3) *Нейрореабілітація*. Призначена для реабілітації після інсульту у фазі одужання та інших нейромоторних патологіях, таких як хвороба Паркінсона, розсіяний склероз та атаксія. Метод дозволяє стимулювати потрібні ділянки тіла та мозку що дозволяє пришвидшити процес одужання [6, с. 58].

Такий напрямок реабілітації, як *ерготерапія* (occupational therapy – від латинської «ergon» – праця, і грецької «therapia» - лікування), тобто – лікування через працю, діяльність, як самостійна галузь реабілітації сформувалася після Другої світової війни, коли суспільство зіткнулося з проблемою масової інвалідності великої різновікової групи людей та необхідністю їх реабілітації.

Через те, що Україна сьогодні втягнута у військовий конфлікт на Сході країни, необхідне широке впровадження ерготерапії в процес реабілітації всіх учасників антитерористичної операції (АТО): демобілізованих, інвалідів та внутрішньо переміщених осіб з території бойових дій [7, с.7].

Саме для такої категорії людей, в першу чергу, ерготерапія через навички в робототехніці буде найкращим засобом і психологічної і фізичної реабілітації, дасть їм можливість інтегруватися у сучасне життя і, можливо, здобути якщо не актуальну професію, то захоплююче хобі. Набуття знань і навичок роботобудування може допомогти людині з інвалідністю або з обмеженими можливостями долучитися до сучасного виробництва у робототехнічній сфері, сформувані такі, необхідні для життя у соціумі, загальні вміння: генерувати ідеї та ставити власні цілі; самостійно здобувати знання; ефективно співпрацювати в групах, обмінюватися досвідом; бачити проблеми та знаходити шляхи їх усунення, знаходити правильні рішення у непередбачених ситуаціях; брати на



себе відповідальність, доводити справу до кінця і бути проактивним; використовувати комунікаційні технології; проводити рефлексію (самоаналіз діяльності та її результатів) та інші [8, с.41]. Крім того, хто, як не сама людина з обмеженими можливостями, розуміє, якими рисами та функціональними можливостями вона хотіла б наділити робота, створеного для власних потреб.

Така ерготерапія сприятиме інтелектуальному розвитку, зміцненню м'язового тону, розвитку координаційних здібностей, реакцій рівноваги, загальної та дрібної моторики, моторного планування, покращить інтеграцію сенсорної інформації, а також регулюватиме рівень активності людини з обмеженими можливостями.

5.3. Робототехніка в медичній освіті

В недалекому майбутньому медична галузь потребуватиме все більше фахівців з професійними знаннями і лікаря і оператора роботів, або навіть робототехніка, одночасно.

Так, для підготовки хірурга існує мало доступних способів набувати практичні медичні навички, не піддаючи пацієнтів ризику. Існуючі симулятори віртуальної реальності допомагають відтворювати візуальну картину проведення оперативного втручання, але вони мають принаймні одне головне обмеження – відсутність у майбутнього хірурга тактильних відчуттів. Розроблений компанією FundamentalVR VR-хірургічний симулятор фіксує чутливість, використовуючи тактильний зворотний зв'язок (подібний до вібрації смартфона), щоб лікарі-хірурги могли "відчувати" свої дії так, ніби вони дійсно виконують операцію в реальному часі (рис. 2).



Рис. 2. VR-хірургічний симулятор

Принципово важливими перевагами такого симулятора є те, що система



VR-хірургічний симулятор використовує апаратно-агностичні технології і коштує набагато менше, ніж традиційні навчальні системи, що робить її більш доступною для навчання хірургів у всьому світі. Близько 50 лікарень вже використовують його, включаючи такі відомі імена, як Клініка Майо (США).

Проектуючи роботизований об'єкт, майбутній фахівець формує та розвиває такі професійні якості: критичне, точне, логічне та інженерне мислення; вміння створювати моделі об'єктів – конструювати; застосування знань з фізики та інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ); розуміння основних понять алгоритмізації; навички роботи з комп'ютером; вміння задавати команди певними мовами програмування; здатність співпрацювати за допомогою засобів ІКТ для виконання комплексних завдань та інші [8, с.41].

Для створення і програмування дій робота розроблені спеціальні комп'ютерні платформи, конструктори і набори, що містять інноваційні датчики, сенсори, програмовані контролери та електронні пристрої. Як для початківців, так і для досвідчених робототехніків для роботобудування розроблена апаратна обчислювальна платформа Arduino (або її аналоги), основними компонентами якої є плата введення-виведення і середовище розробки (рис. 3).



Рис. 3. Платформа-мікроконтролер Arduino UNO

Вона може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, що виконується на комп'ютері. Arduino мають аналогові цифрові порти, до яких можна підключити практично будь-який простий пристрій: кнопку, датчик, мотор, екран. З цією платою можна ознайомитися на офіційному сайті в Україні [9].

На основі Arduino «робототехніки» можуть програмувати електронні пристрої, створюючи моделі, спроможні виконувати певні функції, які допоможуть людині з особливими потребами як в побуті так і створять цікаве дозвілля. Для успішного програмування дій пристрою необхідно освоїти такі мови програмування, як Python, C ++ та Scratch for Arduino. Для розробок



потрібен також ряд компонентів: комп'ютер або ноутбук (mac, linux, windows); установлене IDE середовище, в якому пишуть код; встановлені драйвери програматора, що забезпечують комунікацію плати і комп'ютера; плата для прототипування Arduino UNO або будь-яка інша; USB кабель для підключення плати до комп'ютера та різноманітні датчики, мотори та лампочки.

Наприклад, для написання найпростішої працюючої програми для Arduino мовою програмування – стандартним C ++, використовуючи компілятор AVR - GCC, з деякими зручними особливостями, що полегшують новачкам її написання, достатньо двох основних бібліотечних функцій:

- *setup ()*: функція викликається одноразово при старті мікроконтролера;
- *loop ()*: функція викликається після *setup ()* в нескінченному циклі усього періоду роботи мікроконтролера.

Одна з найпростіших схем на Arduino – це підключення зовнішнього світлодіоду, управління яким відбувається за допомогою програми (скетчу), повний текст якої – миготіння світлодіодом, підключеним до 13 виходу Arduino, з періодом 2 секунди, має вигляд:

```
void setup () {
  pinMode (13, OUTPUT); // Призначення 13 виводу Arduino виходом
}
void loop () {
  digitalWrite (13, HIGH); // Вмикання 13 виводу, параметр виклику функції
  digitalWrite HIGH - ознака високого логічного рівня
  delay (1000); // Цикл затримки на 1000 мс - 1 секунду
  digitalWrite (13, LOW); // Вимикання 13 виводу, параметр виклику LOW -
  ознака низького логічного рівня
  delay (1000); // Цикл затримки на 1 секунду
}
```

Всі функції, що використані в прикладі, є бібліотечними, тобто не потребують написання програмістом-початківцем. Таких прикладів програм в комплекті Arduino є велика кількість [9].

Висновки

Незважаючи на досягнення, які демонструють сучасні роботи в медицині, сумнівно, що в найближчому майбутньому поліклініки та лікарні торкнуться 100%-ва роботизація. Навіть коли роботи стануть більш досконалішими, їх



«самостійні» дії також будуть контролюватися людиною.

У процесі даного дослідження з'ясовано, що в Україні спостерігається дефіцит кваліфікованих практикуючих лікарів, спроможних якісно проаналізувати результати клінічних досліджень та оцінити сучасні медичні гаджети. У вітчизняній системі охорони здоров'я недостатньо широко впроваджуються новітні технології – найважливіший спосіб підвищення якості та своєчасності надання медичної допомоги в складних умовах сучасності та ефективної фізичної і соціально-психологічної реабілітації населення. Саме тому важливим завданням перспектив медичної освіти є фахова підготовка і перепідготовка медичних працівників, зокрема хірургів, лікарів-діагностів та лікарів-ерготерапевтів. Розробка курсів на платформі Arduino та інших для вивчення робототехніки сьогоdnішніми студентами медичних вузів є доцільною та актуальною.



KAPITEL 6 / CHAPTER 6. CORRECTNESS OF COMPUTER PROGRAMS FOR CALCULATING AS A PROFESSIONAL PREPARATION FOR FUTURE IT SPECIALISTS

*ПРОБЛЕМА КОРЕКТНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ПРИ ПІДГОТОВЦІ
МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ГАЛУЗІ ІТ*

*ПРОБЛЕМА КОРРЕКТНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ
ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОТРАСЛИ ИТ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-019

Вступ

Очевидним видається твердження, що розуміння принаймні основ організації обчислень за допомогою комп'ютерної техніки є вкрай бажаними для будь-якого фахівця з інформаційних технологій (маючи на увазі все різноманіття сучасних спеціальностей та спеціалізацій у ІТ-галузі, не обмежуючись лише національним Класифікатором професій [1]). Автори свідомо використали досить м'які формулювання: «принаймні» та «вкрай бажані», – замість категоричних виразів «обов'язкові», «необхідні», «визначаючі» чи чогось подібного. Дійсно, для сучасного програміста часто достатньо пам'ятати, що обчислення за допомогою комп'ютера в кінці кінців відбуваються на рівні нулів та одиниць, у представленні комп'ютера існують числа цілі та дійсні, присутня похибка обчислень тощо. Зазначених уявлень про механізми комп'ютерних обчислень для програміста буває достатньо, щоб, розвиваючи інші професійні якості, бути успішним на сучасному ринку праці. Ми зосередились саме на професії програміста, бо програміст сьогодні у масовій свідомості являє собою такий собі авангард сучасних ІТ, залишаючи по популярності далеко позаду тестувальників, системних адміністраторів, веб-дизайнерів тощо (поважна більшість абітурієнтів, що планують вступати до ЗВО за напрямом «Інформаційні технології», скажуть вам, що у майбутньому бачать себе саме програмістами).

В рамках цієї роботи ми кажемо про комп'ютерні обчислення виключно у контексті безпосереднього виконання запрограмованих математичних дій (наприклад, легендарне $0.1 + 0.2$, про що трохи нижче). Це зауваження важливе, оскільки в широкому розумінні майже будь-яку роботу з комп'ютером можна вважати організацією обчислень, і це буде справедливо.

Затвержені державні стандарти підготовки студентів за спеціальностями 113 «Прикладна математика» [2] та 122 «Комп'ютерні науки» [3] містять чітко сформульовані компетенції та результати навчання, що стосуються заявленої



тематики:

•Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач (результат навчання РН09 здобувачів вищої освіти бакалаврського рівня зі спеціальності 113 «Прикладна математика» [2]).

•Здатність самостійно визначити постановку задачі, вибрати чисельний метод для її розв'язування, гарантувати задану точність виконаних обчислень, відповідати за отримані розв'язки (спеціальна фахова компетентність СК4 здобувачів вищої освіти бакалаврського рівня зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» [3]).

Звісно, ми навели лише найбільш конкретні, на нашу думку, згадування про актуальність набуття навичок не лише організовувати складні обчислення, але робити це ефективно із контролем коректності отриманих результатів.

Зазначені компетенції набуваються зазвичай на класичних дисциплінах типу «Алгоритми та структури даних», «Архітектура ЕОМ», «Методи обчислень», «Програмування» тощо, коли заходить мова про представлення чисел у пам'яті комп'ютера, типах даних та їх обмеженнях, похибки округлень чисел та інших дотичних тем. Якщо ж ознайомитись із сучасними вітчизняними підручниками з цих дисциплін (як із більшістю інших джерел, що не є перекладами американських чи західноєвропейських видань), можна переконатись, що тематиці коректності комп'ютерних обчислень не приділяється достатньо уваги: говоряться якісь ритуальні слова про принципові обмеження обчислень, наводяться два-три «заїжджені» приклади, наводиться величезна кількість математичних формул без акцентування уваги, яке це пряме відношення має до проблеми комп'ютерних обрахунків (насправді без серйозної математичної підготовки всю глибину зазначеної проблеми досягнути в принципі неможливо, але це вже зовсім інший рівень теоретичного занурення у проблематику, який в принципі виходить за рамки стандартної підготовки фахового ІТ-шника).

Найціннішою, на думку авторів, складовою представленої роботи є короткий опис методологічно вибудованого набору прикладів парадоксальних (а простіше кажучи – некоректних) результатів комп'ютерних обчислень. Приклади підібрані таким чином, щоб продемонструвати деякі неочікувані



результати роботи комп'ютерних програм, при цьому вкрай простих як за логікою алгоритмів, так і за своєю програмною реалізацією. При цьому ми намагались не зловживати детальним описом математичної складової проблеми, бо це могло б суттєво ускладнити сприйняття матеріалу і перевести акценти на академічні деталі, цікаві лише фаховим спеціалістам в області комп'ютерних обчислень. Ґрунтовному математичному дослідженню деяких описаних задач будуть присвячені подальші публікації авторів.

Для демонстрації означених прикладів будуть використовуватися програми, реалізовані мовами C++ та Python, оскільки за досвідом авторів саме ці технології найчастіше використовуються у сучасній практиці програмування, коли справа доходить до реалізації складних обчислень (плюс, це одні з найпоширеніших мов програмування, що викладаються студентам на перших курсах підготовки).

6.1. Стандарт формату представлення чисел з рухомою комою

Відаючи данину оригіналу, в назву розділу ми мали б винесли комп'ютерний термін *рухома крапка*, що трохи ріже вухо. В українській традиції IEEE 754 зазначається як стандарт формату представлення чисел з *рухомою комою*, хоча дослівний переклад назви IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic містить саме термін *крапка*. Причина у тому, що у традиції континентальної Європи десятковим розділювачем між цілою та дробовою частиною є кома, тоді як у Великій Британії (але законодавцем мови тут скоріше треба визнати США) використовується крапка. В залежності від історії, політики та традицій в різних країнах світу у якості десяткового розділювача використовують кому або крапку (насправді, у країнах Близького Сходу зустрічаються і інші варіанти розділювача, що не отримали широкого розповсюдження). Цікаво, що іноді дискусія кома/крапка переходить у політичну площину. Наприклад, у провінції Квебек у Канаді використовують кому – данина французькій історії цього регіону, а ПАР замінила раніше вживану крапку на кому з метою подолання британського колоніального минулого. Різні сучасні програми (як то Microsoft Excel) в залежності від локалізації в одних регіонах у якості розділювача використовують кому, в інших – крапку. Далі ми будемо використовувати терміни кома/крапка в



залежності від контексту.

Наводячи далі у тексті окремі приклади, ми не будемо суттєво вдаватися у особливості стандарту IEEE 754-2008 [4], бо автори не ставили на меті глибоко занурюватись у технічні деталі, ба більше сам стандарт хоча б побіжно має вивчатись на всіх спеціальностях, пов'язаних з ІТ.

Число з рухомою комою згідно IEEE 754-2008 представляється у вигляді

$$N = (-1)^s \times 1.M \times 2^E$$

де S – знак числа (signum), M – мантиса (mantissa), E – порядок числа (exponent). Далі ми будемо розглядати лише числа одинарної точності (single precision, binary32, float в C++) довжиною чотири байти. Інші типи чисел з рухомою комою (такі як double у C++) конструюються за тими ж принципами. Як можна побачити з рисунка 1, в числах одинарної точності старший біт – знаковий, порядок числа зберігається за допомогою 8 бітів, на мантису виділяється 23 біти. Загалом 32 біти, тобто згадані 4 байти.

sign	Exponent (8 bit)	Mantissa (23 bit)
.	.	.

Рис. 1. Число одинарної точності (float)

Мантиса, як можна бачити з формульного представлення числа N, нормалізована – ціла частина дорівнює одиниці. Для обчислення порядку використовується константний зсув експоненти, що для чисел одинарної точності дорівнює 127 (або 01111111₂ у бінарному коді).

Задля наочності, подивимось, згідно з описаними принципами IEEE 754-2008 що станеться з представленням раціонального числа 1/3. Математично у десятковій та бінарній системах числення маємо

$$\frac{1}{3} = 0,(3)_{10} = 0,(01)_2$$

Для числа одинарної точності можемо записати

$$\frac{1}{3} = (-1)^0 \cdot 1.010101010101010101011 \cdot 2^{-10}$$

тобто S = 0 (число додатне), M = 010101010101010101011 (оскільки перший відкинутий біт був одиницею, то за правилами стандарту до мантиси ми додаємо 1), E = -10 (тобто порядок дорівнює -2 у десятковій системі числення).

Отримаємо float-наближення до числа 1/3 за відомим алгоритмом



допомогою програми, написаної на C++.

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;
int main() {
    float an = pow(3987,12), bn = pow(4365,12), cn = pow(4472,12);
    if (an + bn == cn) cout << "true" << endl;
    else cout << "false" << endl;
}
```

Результат виконання представленої програми буде true. Одразу треба визнати, що залишити б програму у такому вигляді було б шахрайством, оскільки якщо ми за допомогою cout значення, скажімо, змінної cn ми б отримали на консолі результат inf.

Дійсно, значення

$$4472^{12} = 63976656348486725806862358322168575784124416$$

занадто велике, щоб зберігати його у змінній типу float. Реалізуємо наступний трюк: будемо перевіряти на рівність вираз $398.7^{12} + 436.5^{12} = 447.2^{12}$ – тобто з математичної точки зору еквівалентний початковому.

Змінимо п'ятий рядок програми на

```
float an = pow(398.7,12), bn = pow(436.5,12), cn = pow(447.2,12);
```

запустимо програму на виконання і знову отримаємо результат true. При цьому, якщо ми додатково виведемо на консоль значення змінних an, bn, cn отримаємо

відповідні значення 1.61345e+31, 4.78422e+31, 6.39767e+31. Якщо ж додатково вивести результат виразу (an + bn) отримаємо 6.39767e+31. Рівність нібито коректна, але розберемося докладніше.

Реальні (математичні) значення чисел 398.7^{12} , 436.5^{12} , 447.2^{12} наступні

$$398.7^{12} = 16134474609751291283496491970515.151715346481$$

$$436.5^{12} = 47842181739947321332739738982639.336181640625$$

$$447.2^{12} = 63976656348486725806862358322168.575784124416$$

і можна переконатись, що

$$398.7^{12} + 436.5^{12} - 447.2^{12} = 1211886809373872630985.912112862690$$

ніякої рівності близько немає. Але що ж тоді C++?

Повернемось до представлення чисел у стандарті IEEE 754-2008 [4]. Зазначені числа 398.7^{12} , 436.5^{12} , 447.2^{12} у форматі float згідно стандарту матимуть вигляд

$$398.7^{12} \rightarrow (734BA54D)_{16} = (01110011010010111010010101001101)_2$$



Результат роботи наступної короткої програми хоча і виглядає дивно, але може бути пояснений досить просто, якщо розібратись як функціонує C++.

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;
int main(){
float pi = M_PI; // M_PI – константа  $\pi$  з бібліотеки cmath
cout << (pi == M_PI) << endl;
}
```

Результат, що виводиться на консоль – нуль, тобто логічний вираз $(pi == M_PI)$ набуває значення false, а ми щойно до цього реалізували присвоєння $pi = M_PI$. За допомогою команди препроцесора `#include` підключимо заголовний файл `<typeinfo>` та виведемо результат

```
cout << typeid(M_PI).name() << endl;
```

На консоль виведеться літера `d`, це означає, що `M_PI` за замовчуванням має тип `double`. Додаймо до коду декілька рядків, використовуючи методи об'єкту `cout`

```
cout.setf(ios::fixed); // вивід в фіксованому форматі
cout.precision(50);
cout << M_PI << endl << (float)M_PI;
```

Результат

```
3.14159265358979311599796346854418516159057617187500
3.141592741012573242187500000000000000000000000000000000
```

Значення дійсно не співпадають починаючи вже з сьомого знаку після крапки.

Порівняємо тепер отриманий результат для типу `double` з реальним значенням числа π з тією ж кількістю цифр дробової частини числа

```
3.14159265358979323846264338327950288419716939937510
```

Бачимо, що константа `M_PI` збігається з реальним π лише до 15 розряду після коми. Також варто пам'ятати, що тип `float` гарантує наближення до числа π з точністю 6 розрядів після коми (тобто така ж точність, яку дає раціональне наближення $\frac{355}{113}$, відоме ще з п'ятого століття [8]).

Можна наводити і простіші приклади, без використання спеціальних математичних констант. Обчислення значення виразу $0.1 + 0.2$ [9] можна віднести до демонстрації класичних випадків відмінності алгоритмів реальних (абстрактних математичних) та комп'ютерних обрахунків.



Корисним на початках вивчення програмування може видатись простий приклад.

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;
int main() {
    float a = 1/3.;
    double b = 1/3.;
    cout.setf(ios::fixed);
    cout.precision(30);
    cout << a << endl << b;
}
```

Результат:
0.3333333343267440795898437500000
0.333333333333333314829616256247

Жодне із значень змінних a та b не дорівнюють константі $1/3$. Зауважимо також, що значення змінної a дорівнює значенню, отриманому нами вручну наприкінці розділу 1.

З метою урізноманітнити наші приклади наведемо таке поняття як *майже цілі числа* (almost integer). Цікава тема, що практично не представлена в україномовній (як і у російськомовній) літературі. Визначення зазначеного об'єкту вкрай просте: майже ціле число – це число, яке дуже близьке до цілого числа [10]. Мається на увазі, скажімо, наступне

$$\sin(2017\sqrt[5]{2}) = -0,9999999999999999785\dots$$

тобто дуже близько до -1 . Велику кількість інших прикладів можна знайти [10], [11],[12] тощо.

Наведемо лише один випадок almost integer чисел. Покажемо, що при певній організації комп'ютерних обчислень, ірраціональне число $(\ln(262537412640768000)/\pi)^2$ стане раціональним і буде дорівнювати 163.

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;
int main() {
    float n = log(pow(640320,3)+744)/M_PI;
    cout << (n*n == 163);
}
```

Результат, що повертається cout – одиниця, тобто логічний вираз $(n*n == 163)$ є істинним. Якщо змінній n присвоїти тип double, результат буде 0, тобто false.

Наприкінці розділу згадаємо два важливих поняття: машинний епсилон та



машинний нуль. Не будемо давати розгорнуті визначення з математичними викладками, пояснимо конструктивно. Будемо називати машинним епсилоном число мінімальним значенням серед чисел ϵ , для яких істинним є вираз $1 + \epsilon > 1$ при машинних розрахунках з числами даного типу (для різних типів чисел машинні епсилони відповідно різні). В свою чергу, машинний нуль – це таке число, що сприймається машиною як нуль, але фактично нулем при цьому не є (дещо розмите визначення, що стане зрозумілішим із програмної реалізації нижче).

<pre>#include <iostream> using namespace std; int main() { float machineEpsilon = 1; while (1 + machineEpsilon/2 > 1) machineEpsilon /= 2; cout << machineEpsilon << endl; }</pre>	<pre>#include <iostream> using namespace std; int main() { float machineZero = 1; while (machineZero/2 != 0.) machineZero /= 2; cout << machineZero << endl; }</pre>
---	--

Програма зліва повертає значення машинного епсилона для типу float – число 1.19209e-07, програма справа – число 1.4013e-45, що не ще є машинним нулем, а стане таким якщо його поділити на два (і це нове число вже повертається програмою як 0). Точне значення машинного епсилона не має суттєвого значення, важливий порядок числа 10^{-7} . І тут ми згадуємо, що значення float(M_PI) перестає збігатись із реальним значенням π починаючи з сьомого знаку тощо. Тобто тип float залишає вірними у дробовій частині 6-7 цифр.

Цікаво звернути увагу на один момент, що стосується скоріше практики програмування, ніж теми коректності обчислень. В багатьох підручниках можна було б побачити рекомендацію переписати код наступним чином

```
float machineEpsilon = 1.;
    while (1. + machineEpsilon/2. > 1.)
        machineEpsilon /= 2.;
```

тобто безпосередньо вказати, що ми працюємо з дійсними числами, явно задавши константи 1. та 2. (для підвищення ефективності коду). І ця рекомендація, в принципі, нормальна. Але в конкретному випадку для нашої задачі ефект буде не зовсім той, на який би ми розраховували. Програма поверне інше значення машинного епсилона, а саме 2.22045e-16 – значення, що



в даному контексті відповідає типу `double`. За замовчуванням, вказані константи 1. та 2. конвертувались до типу `double`. Звідси і результат, і щоб впевнитись, перепишемо один рядок коду

```
while ((float)1. + machineEpsilon/(float)2. > (float)1.)
```

і знову отримаємо очікуваний результат `1.19209e-07`. Формат запису коду програми також іноді буває принципово важливим.

6.4. Приклад 3. Рампа та послідовність Ж.-М. Мюллера.

До цього ми розглядали випадки порушення коректності комп'ютерних обчислень, зосередившись на обмеженнях чисел одинарної точності. Наведені приклади насправді були досить простими: інколи оригінальними з парадоксальними на перший погляд результатами, але пояснити результат роботи тієї чи іншої програми було не складно. Недостатня точність типу `float`: недостатня довжина мантиси для зберігання числа, замалий порядок тощо. Майже всі наведені приклади добре масштабуються, оскільки принципи залишаються незмінними для даних зазначеного типу. Виключенням, можливо, в якійсь мірі можна вважати першу задачу – контрприклад Гомера Симпсона до Великої теореми Ферма. Так, обмеження чисел одинарної точності зіграло свою роль, але й числа були підібрані не випадково: збільшило/зменшило зазначені числа бодай на одиницю і ефект пропадає. Наступні два приклади демонструють некоректні значення саме у спеціальних точках, а в інших значеннях аргументів все працює більш передбачувано.

Перший вираз представив 3. Рамп в роботі [13]. Необхідно обчислити значення функції $f(x, y)$:

$$f(x, y) = 333.75 \cdot y^6 + x^2 \cdot (11 \cdot x^2 y^2 - y^6 - 121 \cdot y^4 - 2) + 5.5 \cdot y^8 + 0.5 \cdot \frac{x}{y}$$

в точці (77617, 33096). На вигляд досить проста задача, і для її розв'язку на цей раз використаємо мову програмування Python 3.x (нам стануть в пригоді більш простий синтаксис та вбудована довга арифметика).

```
def Ramp(x,y):
```

```
    return (333.75*y**6+x**2*(11*x**2*y**2-y**6-121*y**4-2)+5.5*y**8+0.5*x/y)
```

```
print(Ramp(77617,33096))
```

Результатом, що поверне наведена програма, буде величезне число



1.1805916207174113e+21, хоча реально

$$f(77617, 33096) = -\frac{54767}{66192}$$

Цікавим з даному прикладі є не те, що обраховує неправильно (це бачили вже не раз), а те, наскільки нестійким є цей некоректний результат. Збільшимо або зменшимо будь-яке число 77617 або 33096 бодай на одиницю, і комп'ютер стане рахувати ближче до реальності, принаймні порядки математичного та машинного результатів будуть збігатись. Наявна проблема саме в точці (77617, 33096).

Пояснимо у чому особливість зазначеної точки. Відокремимо додатну та від'ємну частини виразу, враховуючи, що останній доданок $0.5 \cdot x/y$ на коректність результату обчислення не впливає.

```
x = 77617;
y = 33096
pos = (1335*y**6)//4+x**2*(11*x**2*y**2)+(11*y**8)//2
neg = x**2*y**6+121*x**2*y**4+2*x**2
print(pos,neg,sep="\n")
```

Зазначимо, що ми переписали деяким чином початкові співвідношення. Два числа 333.75 та 5.5 ми записали у вигляді звичайних дробів, додатково встановивши операцію цілочисельного ділення. Це є коректним, оскільки значення y в нашому прикладі є парним числом, а значить вирази $1335/4 \cdot y^6$ та $11/2 \cdot y^8$ будуть цілими числами. Отримаємо результат

```
pos = 7917112216566288664689761316426849984
neg = 7917112216566288664689761316426849986
```

Тобто в нашому прикладі $pos - neg = -2$, і тоді остаточний результат збігається із істинним математичним. Але чому ж перша наша програма порахувала неправильно. Діло у тому, що однією із головних проблем при роботі з числами з рухомою комою є операція віднімання, оскільки при відніманні близьких за значенням чисел значимі розряди можуть втрачатись, і результат вочевидь буде викривленим. Якщо ми змінимо в програмі один рядок, просто замінивши цілочисельне ділення на звичайне

```
pos = (1335*y**6)/4+x**2*(11*x**2*y**2)+(11*y**8)/2
```

результат буде вже

```
pos = 7917112216566288629721075632129966080.00
```

і різниця між значеннями pos та neg складатиме вже -



34968685684296883906. Якщо ж записати вираз для змінної pos в більш звичному форматі

$$\text{pos} = 1335/4 * y^{**6} + x^{**2} * (11 * x^{**2} * y^{**2}) + 11/2 * y^{**8}$$

то результат буде вже

$$\text{pos} = 7917112216566289810312696349541269504.00$$

оскільки даються в знаки різні похибки округлень для різних арифметичних операцій (порядок операцій також має значення для точності обчислень). Різниця в цьому випадку складатиме 1145622935033114419518. Такий результат різниці ми отримаємо, якщо оперувати зі значенням pos як із цілим числом; якщо ж віднімати в програмі як (pos - neg) у сенсі float мінус int, результат буде знову інший, а саме початкове 1.1805916207174113e+21.

Для інших чисел, відмінних від (77617, 33096), результати також будуть не зовсім коректними, але принаймні будуть мати той самий порядок, що і реальний результат (а у експоненціальній формі запису взагалі будуть виглядати як коректна відповідь, чи близька до неї).

Розглянемо наостанок математичний об'єкт [14], який назвемо послідовністю Мюллера. Це нелінійне рекурентне співвідношення другого порядку

$$\begin{cases} u_n = 111 - \frac{1130}{u_{n-1}} + \frac{3000}{u_{n-1} \cdot u_{n-2}}, \\ u_0 = 2, u_1 = -4. \end{cases}$$

При заданих початкових значеннях послідовність має збігатись до значення 6, але на практиці при програмній реалізації в результаті ми отримаємо число 100. І головна небезпека такого результату навіть не у тому, що він не є коректним; насправді 100 – це одна із можливих границь (так само як 5 і 6), до якої може збігатись зазначена послідовність. І у звичайного користувача, який попередньо провів математичне дослідження, відповідь 100 не викличе підозри.

Наведена послідовність вивчалась [15] разом із іншими некоректними випадками комп'ютерних обчислень. Відмітимо, що вказані початкові значення не є унікальними, існує безліч перших наближень, для яких ми також будемо спостерігати описану ситуацію. У загальному випадку послідовність Мюллера є предметом наукових досліджень також і авторів даної роботи [16], концентруючись на певних цікавих математичних аспектах стійкості комп'ютерних обчислень в залежності від початкових значень. Ці результати



виходять за межі представленої публікації та будуть розвинені у подальших публікаціях авторів.

Висновки

У роботі були наведені декілька прикладів, що демонструють актуальність, складність та різноманіття проблем, пов'язаних із стійкістю та коректністю комп'ютерних обчислень. Не дивлячись на принципову важливість розуміння проблематики для спеціаліста з ІТ, авторам згідно з їх досвідом видається, що зазначена тематика з одного боку під час вивчення дисциплін на кшталт «Програмування» часто викладається досить поверхово, з іншого ж боку самі програмісти приділяють цій тематиці недостатньо уваги.

Важливими видаються два наступних аспекти проблеми, скоріше психологічного характеру. Комп'ютерні обрахунки зазвичай є проміжним, технічним моментом, над яким фахівець взагалі не задумується. Це стосується тих пов'язаних із моделюванням та комп'ютерним експериментом задач, що вимагають реалізації великого обсягу точних обчислень, як-то у класичних областях (наприклад, механіці), так і у сучасних актуальних застосунках, на кшталт прикладних задач машинного навчання. Якщо ж у користувача чи розробника при експлуатації програмного коду виникає та чи інша аварійна ситуація, він почне перевіряти правильність реалізації алгоритму, вхідні дані, адекватність обраної моделі тощо, і, скоріш за все, у останню чергу замислиться, чи взагалі коректно комп'ютер обчислює, оперуючи із нулями та одиницями. Це зрозуміло, бо обчислення – це лише інструмент. І тут вже стає актуальною інша сторона проблеми – звичка цьому інструменту довіряти. В цій звичці, насправді, немає нічого «злочинного», бо неможливо ефективно працювати, якщо ставити під сумнів кожний обрахунок, виконаний за допомогою комп'ютера. Але справді фахівець не може при цьому дозволити собі некритично ставитись до результатів запрограмованих обчислень, навіть використовуючи високоефективні, спеціалізовані програмні застосунки, розроблені задля проведення складних математичних комп'ютерних обрахунків (Maple, Matlab, Wolfram Mathematica тощо). Перші декілька прикладів у даній роботі покликані привернути увагу до зазначеної проблематики, використовуючи при цьому досить тривіальні випадки машинних розрахунків,



бо своєрідність програмно отриманих результатів може зустрітись в будь-який момент, а не лише при здійсненні академічних досліджень.

Але існують і значно складніші, можна сказати більш *вишукані*, випадки некоректних комп'ютерних обчислень, для розуміння природи яких вже може виявитись недостатньо згадування архітектури та стандартів. Необхідна строга формалізація задачі, що вимагає певної математичної підготовки. Такими є два приклади, описані у попередньому розділі.

Деякі з наведених у роботі прикладів можна вже назвати класичними, бо нерідко розглядаються на форумах та спеціалізованих сайтах, присвячених різним аспектам програмування. Інші, більш екзотичні випадки, належать до колекції авторів, які декілька років займаються тематикою машинних обчислень. Автори мали на меті не просто продемонструвати забавні приклади некоректної поведінки комп'ютера при здійсненні обрахунків, але й подати їх певній методологічній послідовності для формування більш чіткого уявлення щодо описаної проблеми.

Наостанок зазначимо, що авторам не зустрівся вітчизняний підручник чи навчальний посібник, в якому б доступно і водночас повно були б розкриті теми сучасного стандарту представлення чисел з рухомою комою IEEE 754-2008 (та його можливі альтернативи), проблеми стійкості машинних обчислень та алгоритми подолання, чи хоча б зменшення ефекту виникаючих проблем. Це мав би бути підручник для початківців з докладними та наочними поясненнями та з великою кількістю доречно підібраних прикладів. Автори сподіваються, що дана робота хоча б частково задовольняє вказаній меті.

Описані ідеї та результати мають методичний характер і мають деяку методологічну цінність при підготовці фахівців у сфері ІТ. Тим не менш, частина результатів (аналіз збіжності комп'ютерних обчислень нелінійної рекурентної послідовності другого порядку) у більш математизованому вигляді також знайшла застосування при виконанні науково-дослідної роботи «Розробка методів дослідження міцності та стійкості тонкостінних оболонок та пружних твердих тіл з рідиною при дії різного виду динамічних навантажень» під керівництвом академіка В.П. Шевченка (№ держреєстрації: 0119U100042).



KAPITEL 7 / CHAPTER 7. FEATURES OF REGULATION OF ENERGY FACILITIES

*ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ
ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-053

Introduction

Automatic control theory (ACT) is the basic foundation of cybernetics or control science. The theory of control has passed a bright path of its development in the 60s of the 20th century, now it continues to develop intensively towards the creation of the theory of intelligent control systems. As a systems science, ACT has absorbed many methods of engineering directions from the field of electrical radio engineering, power engineering, communications, etc., and has given them significant development. Having created its own methods of analysis and synthesis of systems, the applied ACT played a role at the stage of formation of many modern engineering disciplines [1, 2].

The theory of automatic control (TAC) belongs to the class of the most important general disciplines included in all typical programs of engineering education. TAC studies control processes, research methods and the basics of designing automatic control systems (ACS). TAC studies the principles of building ACS, the patterns of processes occurring in them in order to build efficient and accurate ACS; the analysis and synthesis of ACS are carried out by means of TAC.

At present, TAC is a unified scientific base for solving problems of managing objects of various nature (physical, chemical, biological, etc.), which has developed methods for studying ACS - their analysis and synthesis (calculation and design).

The fields of application of automatic control systems (ACS) and regulation (ACR) are very diverse both in the physical nature of the automated objects (various TP, control of aircraft, missiles, economics, etc.), and in their complexity (starting from the simplest level control system liquid in the tank before managing the national economy).

However, the principles of constructing various control systems are to a large extent common, regardless of whether the control systems of a TP, a rocket, or a biological process are considered. This commonality of principles for constructing control systems allows the use of the same methods in their research and development [3, 4].

This paper discusses the features of the regulation of energy facilities.



7.1. Basic terms and definitions

Automation is a branch of science and technology that encompasses a set of methods and technical means that free a person from the direct implementation of operations to control and manage production processes and technical devices. (Automation is an ancient Greek word for self-reinforcement, self-action, from the words “auto” - self and “matos” - reinforcement.)

Cybernetics is the science of the general laws of control processes in various systems (in technology, chemistry, biology, etc.).

Automation is the replacement of human mental activity with the work of automatic devices.

Mechanization is the replacement of a person's muscular physical strength with the work of technical devices.

Technical devices - a set of production machines and mechanisms that perform certain functions for converting energy and performing useful work, as well as allowing to change the technological process in the right direction, influencing its parameters and adjusting them in the right direction.

Management is a process that ensures the flow of energy, substance and information conversion processes necessary for the intended purpose, maintaining the operability and trouble-free functioning of the object by collecting and processing information about the state of the object and the external environment, making decisions on the impact on the object and their implementation [5, 6]. Here, the goal is the cause of control and the setting influences are determined based on the knowledge of the goal.

Regulation is a special case of control, the purpose of which is to ensure the proximity of the current values of one or more coordinates of the control object to their specified values.

An automatic control system is a system consisting of a control object and a control device, in which a given process is automatically performed.

In automation, control systems are usually depicted in the form of structural diagrams. A block diagram (or block diagram) is a conventional image in which individual elements of the system are represented by rectangles, and the connections between the elements are depicted by arrows showing the direction of signal transmission.

The level of detail of the structural diagram for the same system may vary



depending on the purpose of the diagram. The main elements of the simplest automatic control system (ACS) are (Fig. 1):

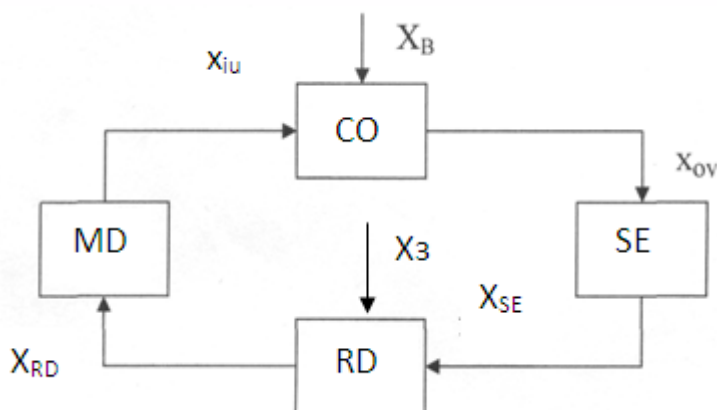


Fig. 1. Scheme of the simplest ACS.

CO - Control (regulation) object is a certain energy object, for the achievement of the results of functioning of which specially organized influences are necessary and permissible. The control object to which control actions are applied can be called a controlled object. Control objects (CO) can be both separate objects, selected according to certain criteria (for example, constructive, functional), and a set of objects - complexes. Depending on the properties or purpose of objects, technical, technological, economic, organizational, social and other management objects and complexes can be distinguished.

SE - Sensitive element of the sensor, used to measure the current value of the controlled variable.

RD - Regulating device, regulator, (Control device (CD)) - a set of devices with the help of which the main technological parameter (physical quantity) is controlled.

The regulator generates control (regulatory) influences which, acting on the OA, maintain at a given level or change the regulated value according to a certain law.

The purpose of control in technical systems is certain values or ratios of values of the coordinates of processes in the control object or their change in time, at which the achievement of the desired results of the object's functioning is ensured.

Controlling impact - impact on the energy control object, designed to achieve the management goal.

MD - an executive device that serves to eliminate the mismatch between the current and specified signals.

External influences are setting influences (x_{iu}), which determine the required law



(algorithm) for regulating the output value of the OA, and disturbing influences (x_z), which violate the required functional relationship between the output value of the CO and the master.

The output quantity (coordinate) of the CO (x_{ov}) or the controlled (controlled) quantity is usually the main technological parameter (current, power, voltage, etc.).

Perturbation (x_B) is an external impact on any link (element) of the ACS, which, as a rule, makes it difficult to achieve the control goal. Usually, the main disturbances that significantly affect the controlled value and noise are distinguished [7, 8].

Setting action (x_{sE}) - action on a control device designed to achieve the control goal.

Interference - disturbances causing distortion of signals in the ACS, usually insignificantly affecting the regulated value and difficult to measure.

7.2. Varieties and properties of ACR

Depending on the main goal, the control tasks of the automatic control system are classified as follows: stabilization systems, program control system, tracking systems.

In stabilization systems, the operating parameter of the object (controlled value) is kept constant in time with a constant reference. In programmed control systems, the operating parameter of an object changes in time according to a previously known law, and in accordance with which the task changes.

In tracking systems, the operating parameter of an energy object changes in time according to a previously unknown law, which is determined by some external independent process [9].

Deterministic and stochastic systems are distinguished depending on the nature of external influences (master and perturbing). In deterministic ACR, external influences have the form of constant functions of time. In stochastic systems, external influences are in the form of random functions. In what follows, only deterministic systems will be considered

By the properties of errors (deviations) in the steady state, static and astatic systems are distinguished. An energy system in which the magnitude of the steady-state error depends on the magnitude of the disturbance at a constant setting is called



static in terms of the disturbance. If the steady-state error does not depend on the magnitude of the disturbance, then the system is astatic of the 1st order. If the steady-state error does not depend on the first derivative of the disturbing action, then the system is second-order astatic. In addition, statism and astatism are distinguished by the setting effect. In this case, the perturbation is considered constant and the steady-state error is considered depending on the magnitude of the reference action.

ACR can be in an equilibrium state (static) and a nonequilibrium state (dynamics).

The static equations describe a steady state in which all coordinates of an object remain unchanged in time, that is, the object is in a state of equilibrium. Statics equations are algebraic (transcendental) equations or differential equations containing derivatives with respect to any parameter other than time. An essential feature of the equations of statics is the invariability of coordinates in time. The static characteristic connecting the input object with the output one has the

$$\text{form: } x_{ov} = f(x_B) |_{t \rightarrow \infty} .$$

The equations of dynamics describe an unsteady, or transient, regime in an energy object: in this case, the output coordinate of the energy object is a function of time and, in general, the equation of dynamics will be a differential equation containing time derivatives. Dynamic characteristic $x_{ov} = f(x_B, t)$.

Both characteristics are non-linear and require a complex mathematical apparatus to implement them. To simplify the solution, linearization is carried out, that is, in the vicinity of a point or in an interval, nonlinear characteristics are described by linear equations.

Energy control systems are subdivided into linear and non-linear. Energy objects are called linear if they obey the principle of superposition, which means that the reaction of an energy object to the sum of input signals $x_i(t)$ is equal to the sum of reactions to each signal separately for any $x_i(t)$ (Fig. 2). Energy objects are linear if they are described by linear differential equations, that is, equations in which the desired function and all its derivatives are contained in the first degree. It should be noted that the implementation of the principle of superposition [10, 11] is necessary not only in steady-state modes, but also in transient processes. Therefore, the linearity of the static characteristics is a necessary, but not sufficient condition for the linearity of an energy object.

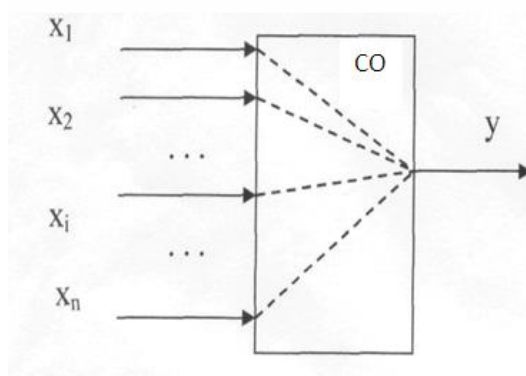


Fig. 2. About the concept of linear energy systems.

The above properties of the systems determine the type of mathematical description of the ongoing processes. It should be borne in mind that most energy systems have the property of inertia. Therefore, a transient and steady state can be observed in energy systems. The most acceptable way of mathematical description in this case are differential equations (for continuous systems) or difference equations (for discrete systems). The form of the differential equation depends on the basic properties of the ACR. In the simplest cases, these are linear differential equations with constant coefficients.

The linear static characteristic is given in algebraic form by the expression

$$y = k \cdot x|_{t \rightarrow \infty}, \text{ where } k \text{ is the proportionality coefficient } k = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x_0}.$$

The dynamic characteristic is written by polynomials of the time derivatives of the output (y) and input (x) of the object:

$$\begin{aligned} A_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + A_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + A_1 \frac{dy(t)}{dt} + A_0 y(t) = \\ = B_m \frac{d^m x(t)}{dt^m} + B_{m-1} \frac{d^{m-1} x(t)}{dt^{m-1}} + \dots + B_1 \frac{dx(t)}{dt} + B_0 x(t) \end{aligned} \quad (1)$$

where $A_0, A_1, \dots, A_{n-1}, A_n, B_0, B_1, \dots, B_{m-1}, B_m$ – are constant coefficients that depend on the parameters of the system; n, m - exponents ($n > m$).

The right side of the equation characterizes the influence of disturbing influences. At $x = 0$, a homogeneous characteristic equation takes place, which describes the behavior of the system in equilibrium.

To simplify the analysis of the ACR to describe its characteristics, differential equations are used not higher than the second order. Equation (1) will accordingly look like this:



$$A_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + A_1 \frac{dy(t)}{dt} + A_0 y(t) = B_1 \frac{dx(t)}{dt} + B_0 x(t) \quad (2)$$

Usually, linear differential equations with constant coefficients not higher than the second order are written in standard form. In this case, the terms containing the output quantity and its derivatives are written on the left side of the equation, and all other terms are on the right; the coefficient at the output value is made equal to one. If the right-hand side contains derivatives, then the terms containing any one input value and its derivatives are combined into one group and the coefficient for the corresponding input value is taken out of brackets. Equation (2) in standard form takes the form:

$$T_0^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + T_1 \frac{dy}{dt} + y = K \left(T_2 \frac{dx}{dt} + x \right), \quad (3)$$

$$\text{where } T_0^2 = \frac{A_2}{A_0}; T_1 = \frac{A_1}{A_0}; K = \frac{B_0}{A_0}; T_2 = \frac{B_1}{B_0}.$$

In equation (3), the constants T_0 , T_1 , and T_2 have the dimension of time and are called time constants, and the factor K is the transfer ratio or gain.

7.3. The concept of sustainability of energy systems

The concept of stability is the most important qualitative assessment of the energetic dynamic properties of ACR. Stability is understood as the ability of the system to restore the initial state of equilibrium after removing the external disturbance. There are three types of energy systems:

1) stable energy systems are systems that, being taken out of the state of equilibrium by some external disturbance, after removing this disturbance, return to the initial state of equilibrium;

2) neutral energy systems - systems that, after removing the disturbance, come to a state of equilibrium that differs from the initial one;

3) unstable energy systems - such systems in which equilibrium is not established after removing the disturbance.

Let the energy system be in equilibrium (Fig. 3). At the moment of time t_1 , under the action of an external disturbance [12, 13], the energy system was removed from this state. The motion of the system under the action of a disturbance is called



forced ($x_v(t)$). Then, at some point in time $t = 0$ (taken as the origin), the disturbance was removed or compensated.

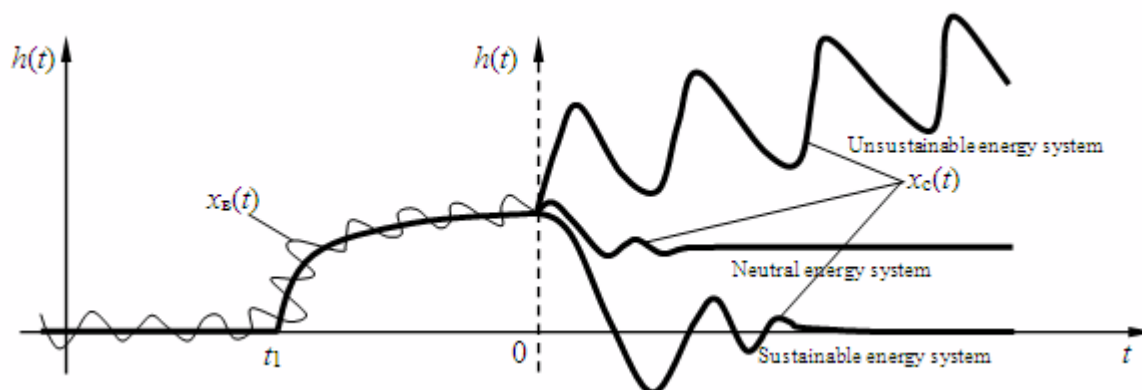


Fig. 3. Explanation of the stability of energy systems: t_1 - time of disturbance introduction; $x_v(t)$ - forced movement of the system; $x_c(t)$ - free movement of the system.

Free motion of the energy system ($x_c(t)$) begins. Transient process $h(t) = x_B(t) + x_c(t)$. Moreover, if $\lim_{t \rightarrow \infty} x_c(t) = 0$ - the energy system is stable, $\lim_{t \rightarrow \infty} x_c(t) = const$ - the energy system is neutral, $\lim_{t \rightarrow \infty} x_c(t) = \infty$ - the energy system is unstable.

In order to simplify the analysis of the stability of energy systems, a number of special methods have been developed, which are called stability criteria. Stability criteria are divided into two types: algebraic and frequency. Algebraic criteria are analytical, and frequency ones are graphic-analytical. But they are all based on the Lyapunov criterion.

Lyapunov's criterion is as follows. A necessary and sufficient condition for the stability of a linear energy system is the condition when all the real roots of the characteristic equation of the system, as well as the real parts of the complex roots, are negative. If at least one of the roots is positive, the system is unstable; if equal to 0, the system is on the stability boundary. The imaginary axis Im is the stability boundary.

However, it turns out to be rather difficult to use this condition in practice to assess the stability of real energy systems [14, 15]. This is due to the fact that real industrial systems are described by higher-order differential equations or contain links of pure delay, so that finding the roots of the characteristic equation is a difficult task [16-18].

For such systems, the following stability criteria are applied: the Routh-Hurwitz



algebraic criterion; Mikhailov frequency test; amplitude-phase-frequency Nyquist criterion.

Algebraic stability criteria make it possible to judge the stability of the system by the coefficients of the characteristic equation

$$Q(p) = A_0 p^n + A_1 p^{n-1} + \dots + A_{n-1} p + A_n,$$

without calculating its roots. A necessary condition for the stability of a system of any order is the positiveness of all the coefficients of the characteristic equation.

For systems of the first and second orders, the necessary stability condition is also a sufficient stability condition, since for positive coefficients of the characteristic equation, all its roots are left. However, for systems of the third and higher orders, the positiveness of the coefficients of the characteristic equation is a necessary stability condition, not insufficient (all real roots of the characteristic equation, if any, are left, and complex roots can be right).

The Routh stability criterion was proposed by the English mathematician E. Routh in the form of an algorithm - a table.

In the first row of the table, the coefficients of the characteristic equation having an even index are written in ascending order of indices: $A_0, A_2, A_4, A_6, \dots$; the second line contains odd-indexed coefficients $A_1, A_3, A_5, A_7, \dots$.

Any of the remaining coefficients in the table is defined as

$$c_{k,i} = c_{k+1,i-2} - r_i c_{k+1,i-1},$$

Where $r_i = c_{1,i-2}/c_{1,i-1}$, k is the index, which means the number of the table column, i is the index, which means the number of the table row. The number of rows in the Routh table is equal to the degree of the characteristic equation plus one ($n + 1$).

After the Routh table is filled, it can be used to judge the stability of the system. The Routh stability condition is formulated as follows: for the automatic control system to be stable, it is necessary and sufficient that the coefficients of the first column of the Routh table have the same sign, i.e. for $a_0 > 0$ were positive:

$$c_{11} = A_0 > 0; c_{12} = A_1 > 0; c_{13} > 0; \dots; c_{1,n+1} > 0;$$

If not all the coefficients of the first column are positive, then the system is unstable, and the number of right roots of the characteristic equation is equal to the number of sign changes in the first column of the Routh table.



Conclusion

In the paper we consider some features of control for energy systems. The approaches can be applied during the design of energy systems.



KAPITEL 8 / CHAPTER 8.
**SOME PROPOSALS FOR THE ESTABLISHMENT OF INNOVATIVE
TRANSPORT SAFETY CLUSTERS IN UKRAINE**
*НЕКОТОРЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ИННОВАЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ
ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УКРАИНЕ*
*ДЕЯКІ ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ КЛАСТЕРІВ
ТРАНСПОРТНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-001

Вступ

Проблеми транспортної безпеки за останні роки стали ще гостріше, оскільки транспорт фактично перетворився на одну з найризикованіших сфер життєдіяльності, в якій, на жаль, регулярно гинуть люди. Так, лише за дев'ять місяців 2019 року в Україні сталося 114 769 дорожньо-транспортних пригод. В результаті аварій загинуло 2369 осіб. Загалом, загальна чисельність ДТП виросла на 6,2 % (за дев'ять місяців 2018 року було зафіксовано 108 070 аварій).

В дорожній пригоді постраждали 18 446 осіб, (в 2018 році за такий самий період – 17 319), що на 6,5 % більше, ніж в тому році.

За інформацію, яка надходила до Укртрансбезпеки, у 2019 році на залізничному транспорті України сталося 1202 транспортні події, з них:

705 аварій, в яких 354 особи загинули та 232 отримали травми, з них:

- 1) 577 аварії зі сторонніми особами завдані рухомим складом залізничного транспорту, в яких 354 особи загинули та 232 отримали травми;
- 2) 128 аварій за участю залізничного транспорту, без постраждалих;
- 3) 473 інциденти, без постраждалих;
- 4) 24 пожежі.

Згідно статистичних даних за 2019 рік на автошляхах України сталося 2829 дорожньо-транспортних пригод за участю автомобільного транспорту, які надають послуги з перевезення пасажирів та небезпечних вантажів автомобільним транспортом, в яких 184 особи загинули та 1588 отримали травми.

Протягом 2019 року на залізничних переїздах Укрзалізниці сталося 65 дорожньо-транспортних пригод, в яких 11 осіб загинули та 20 отримали травми. Також за 2019 рік сталося 14 пожеж на автомобільному транспорті загального користування без загиблих та травмованих [1].

Отже, забезпечення транспортної безпеки полягає в забезпеченні права особи на безпеку в широкому розумінні (захист життя, здоров'я, загалом



конституційних прав громадян). Пріоритетним напрямом у цій сфері є запобігання реальним та потенційним загрозам виникнення аварій і катастроф на транспорті та їх наслідкам.

8.1. Основи транспортної безпеки України

Транспортний комплекс в наших умовах вирішує два завдання. Перше – забезпечити потреби країни сучасними та безпечними перевезеннями, друге – вивести транзитний потенціал України на європейський та міжнародний рівень, що на пряму залежить від розвитку міжнародних транспортних коридорів, з метою вирішення економічного питання -надходження коштів до державного бюджету країни. При тому, що він має і *державну*, і *приватну* складову. І та, і інша складові намагаються вирішити ці завдання одночасно.

Поняття транспортної безпеки носить системний характер тому визначає необхідність комплексного, системного вирішення проблем, наявних у цій сфері.

Транспортна безпека є складовою національної безпеки і полягає у запобіганні аваріям та інцидентам на транспорті. З огляду на пріоритетність прав і свобод людини така діяльність здійснюється шляхом створення системи раціональної превентивної безпеки з метою максимально можливого, економічно обґрунтованого зменшення ймовірності виникнення транспортних аварій і мінімізації їх наслідків. Під забезпеченням транспортної безпеки слід розуміти соціальний процес діяльності відповідних суб'єктів суспільних відносин із запобігання аваріям та інцидентам на транспорті [2].

Питання забезпечення транспортної безпеки для України має особливе значення. Насамперед, це можна пов'язати з розмірами території та геополітичним розташуванням нашої країни, з політичним і соціально-економічним курсами, спрямованими на подальше зміцнення суверенітету. Однак, на тлі зростаючих показників аварійності, травматизму, збитків, зносу технічних засобів вихід української транспортної галузі на шлях сталого розвитку із забезпеченням комплексної безпеки вельми ускладнений [3].

Рівень безпеки перевезень, обсяг споживання енергії та вплив на навколишнє природне середовище в Україні не відповідають сучасним вимогам. Протягом останніх десятиліть у світі спостерігається стрімке



збільшення кількості транспортних засобів та підвищення інтенсивності руху, що призводить до збільшення кількості транспортних подій та їх негативних наслідків [4].

Саме тому, першочерговим, нагальним завданням є досягнення адекватного розуміння інститутами державної влади та громадськістю ролі та місця транспортної безпеки в забезпеченні національних інтересів України.

Питання економічного добробуту турбує кожного українця. Але не менш важливим є питання транспортної та національної безпеки країни від яких напряму залежить добробут. Одними з основних напрямів розвитку транспортної галузі та перспективи її інтеграції до міжнародної спільноти є: впровадження ефективного державного управління в транспортній галузі та підвищення рівня безпеки на транспорті [4].

Саме тому, в Україні, як і в усіх передових та розвинених країнах світу, необхідно розвивати інноваційну діяльність. Інновації в Україні ще не мають вирішального значення для розвитку економічної діяльності і забезпечення економічної стабільності держави, а слабе та застаріле оснащення наразі є “ахіллесовою п’ятою” української транспортної системи, яка потребує переоснащення, в тому числі, завдяки інноваційним проектам. Саме тому, зазначені питання потребують подальшого обговорення, розвитку, вдосконалення та прийняття відповідних рішень на державному рівні.

8.2. Деякі проблеми інноваційної діяльності в Україні

Одним із середньострокових пріоритетних напрямках інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2017-2021 роки є освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи [5].

Транспортна галузь має відокремлену інноваційну систему, яка включає наукову (науково-дослідні інститути, науково-дослідні центри, науково-випробувальні та навчальні центри, вищі навчальні заклади), промислову (підприємства транспортного комплексу), комерційну складові. Наприклад, за даними Держкомстату, ще в 2015 році промислові підприємства впровадили лише 3136 інноваційних видів продукції, з яких 548 – нових виключно для ринку, 2588 – нових лише для підприємства. Із загальної кількості впровадженої продукції 966 – нові види машин, устаткування, приладів,



апаратів тощо [6].

Інноваційність – це не тільки ключ до динамічного розвитку, добробуту, особистого успіху, а й засіб забезпечення суверенітету країни, її конкурентоспроможності у сучасному надскладному світі [7].

Інноваційність є визначальною характеристикою сучасних науково-технічних, виробничих, соціально-економічних та усіх суспільних процесів. Від оволодіння інноваційними механізмами розвитку залежить доля України: чи рухатиметься вона в напрямі входження до числа розвинених країн, чи залишиться стагнуючою країною на узбіччі науково-технічного і соціального прогресу. Це пов'язано з загальними закономірностями суспільного розвитку, згідно з якими у світі відбувається перехід від переважно відтворювального до інноваційного типу розвитку.

Інноваційна діяльність (від англ. *innovation* - нововведення) – це діяльність, що спрямована на використання і комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок і зумовлює випуск на ринок нових конкурентоздатних товарів і послуг [8].

Інноваційна діяльність набуває особливого значення не тільки у високотехнологічних, а й у традиційних секторах економіки. Охопивши різні аспекти ринкових відносин (виробничі, підприємницькі, соціальні, науково-технічні та маркетингові), інноваційний процес сприяє зростанню промислового виробництва, підвищенню продуктивності праці, залученню нових резервів до виробничої сфери. На жаль, реалії сучасної економічної ситуації в Україні полягають у тому, що на відміну від розвинених країн, які до 85–90% приросту ВВП забезпечують за рахунок так званих “інтенсивних факторів”, включаючи інновації, Україна недостатньо використовує свій інноваційний потенціал. Продовжує деградувати ринок науково-технічної продукції внаслідок незначного попиту на інноваційні розробки через низьку платоспроможність вітчизняних споживачів [9].

Головним джерелом загроз існуванню України як держави, вбачається не тільки зовнішній противник, або кримінальний тероризм в державі, але й різке падіння наукового й інтелектуального рівня суспільства, наслідком чого може стати повна залежність економіки, населення від допомоги та прихильності сильних цього світу. Країна, яка не береже й не підтримує свою науку, потрапляє у васальну залежність від науки та економіки інших країн і втрачає здатність більш менш самостійно гарантувати свою безпеку. Тому, одним із



головних пріоритетів діяльності державної влади в Україні має стати науково-технічна сфера. Причому починати слід з системи державного управління, що забезпечує одночасно і цілеспрямованість державної політики в цій галузі, і диверсифікованість інструментів підтримки та стимулювання науки [10].

Ключовим елементом до забезпечення безпеки країни та високого патріотичного духу її громадян є високий рівень науки. Без цього успішне і безпечне завтра в Україні не настане. Але сьогодні Україна перебуває на стадії, коли є розуміння, що ми суттєво відстаємо від лідерів щодо технологічно-інноваційних рішень, є розуміння, що існуюча система інновацій є застарілою, вона не продукує геніїв, не забезпечує формальний процес створення нових ідей, а якщо і продукує, то не може забезпечити їм належну працю та її оплату, що приводить до відтоку талановитої молоді та досвідчених фахівців за кордон.

Як звісно, будь-яка війна – є рушійною силою прогресу, саме в період війн було зроблено масу геніальних модернізацій, конструкторських рішень та винаходів. Але, не зважаючи на агресію РФ на Сході країни, інновації населення країни в тому числі і транспортна інноваційна система, працює з великими потугами, перепонами з мінімальною ефективністю та не вирішує проблем як підвищення темпів економічного розвитку так і забезпечення національної безпеки держави.

8.3. Інноваційна політика України

Важливою складовою “розумної інноваційної політики” країн світу в умовах постіндустріального суспільства є заходи щодо вирішення зовнішньоекономічних інтеграційних проблем, у першу чергу пов’язаних зі значним зростанням глобальної і регіональної конкуренції. Для цього актуалізується роль інноваційних систем різних рівнів, що посилюють синергетичні ефекти інноваційного розвитку як за прямої керуючої ролі держави, так і за принципами саморегулювання та самоорганізації. Мережева організація таких систем особливо сприяє посиленню взаємодії регіонів та характеризується впливом міжрегіональної кооперації на забезпечення їхньої конкурентоспроможності.

Головною метою державної інноваційної політики України є створення соціально-економічних, організаційних і правових умов для ефективного



відтворення, розвитку та використання науково-технічного потенціалу країни, забезпечення впровадження сучасних екологічно чистих, безпечних енерго- та ресурсозберігаючих технологій, виробництва та реалізації нових видів конкурентоздатної продукції в тому числі і військового призначення.

Сучасний стан національної інноваційної системи України має наукову та промислово-комерційну складові. До наукової складової відносяться установи Національної академії наук України, галузеві НДЦ та інститути, вищі навчальні заклади. До промислово-комерційної складової відносяться виробничі підприємства, незалежно від форми власності. У зв'язку з тим, що науковий потенціал вітчизняних наукових інституцій не є конкурентоздатними в Україні, сформувалися науково-виробничі структури, найбільш потужними з яких є: КБ "Південне", КБ "Антонова", які мають незалежну наукову тактику та стратегію, кадровий потенціал та курують процес підготовки фахівців з відповідних напрямків в обраних вищих навчальних закладах України.

Державне регулювання інноваційної діяльності здійснюється шляхом:

визначення і підтримки пріоритетних напрямів інноваційної діяльності;

формування і реалізації державних, галузевих, регіональних і місцевих інноваційних програм;

створення нормативно-правової бази та економічних механізмів для підтримки і стимулювання інноваційної діяльності;

захисту прав та інтересів суб'єктів інноваційної діяльності;

фінансової підтримки виконання інноваційних проектів;

стимулювання комерційних банків та інших фінансово-кредитних установ, що кредитують виконання інноваційних проектів;

встановлення пільгового оподаткування суб'єктів інноваційної діяльності;

підтримки функціонування і розвитку сучасної інноваційної інфраструктури [11, Ст. 6].

Існування науково-виробничих підприємств фіксує ситуацію, коли установи Національної академії наук України, галузеві наукові центри та інститути, вищі навчальні заклади фактично є рудиментами радянської системи, яка не використовувала принципи інновацій.

Якщо ми ведемо мову про якісно дієвий механізм створення інновацій, то



у форматі наслідування досвіду DARPA, який є найбільш шанованим у всьому світі, треба розуміти, що в Україні він повинен переслідувати одну важливу складову. А саме – шукати людей у власній країні, створювати середовище, де ці люди можуть реалізовувати свої ідеї, пропонувати і створювати механізми кристалізації, переводити їх у конкретні продукти, які потрібні або державі в цілому, або транспортній сфері зокрема.

Коли ми говоримо про українські продукти, треба розуміти критерії інноваційності. Наприклад, коли вітчизняні виробники почали робити пасажирські вагони на наших підприємствах – чи буде це інноваційним продуктом? З точки зору потреби залізниці і за відсутності заповненого ринку – це інноваційний продукт. З точки зору світових тенденцій, подібні вагони не є інноваційним продуктом – адже ми не можемо їх продати в країну, яка виготовляє вищезазначені вагони більш комфортабельними з використанням новітніх матеріалів та технологій ніж наші. Але в будь-якому разі серед інноваційних проектів можливо навести подібні зразки серед приватних компаній – вони достатньо важливі і цікаві. Але також потрібно, щоб держава створила механізм, який дозволяє впроваджувати ці продукти. А вони, у свою чергу, потім ставали основою для економічного руху вперед [12].

8.4. Досвід створення та функціонування інноваційних систем передових країн світу

Досвід створення та функціонування інноваційних систем передових країн світу вказує на те, що її базовим елементом є кооперація, яка знайшла своє вирішення, насамперед, засобами кластерних ініціатив задля підвищення конкурентоспроможності та розвитку більшості країн розпочинаючи з 90-х років ХХ сторіччя.

За деякими експертними оцінками, кластеризацією охоплено близько 50% економік передових країн світу. Повністю охоплені кластеризацією датська, фінська, норвезька та шведська промисловості. Активно йде процес кластеризації в Південно-Східній Азії, Китаї, Японії.

В ЄС затверджені “Маніфест кластеризації в країнах ЄС” (липень 2006 року) та “Європейський кластерний меморандум” (січень 2008 року), основна мета яких – збільшити “критичну масу” кластерів, яка здатна вплинути на



підвищення конкурентоспроможності як окремих країн, так і ЄС в цілому.

Розвитку інноваційної діяльності сприяють й рамкові угоди Євросоюзу, на цей час діє вже восьма подібна угода – “Горизонт - 2020”.

В США важливим напрямком розвитку інноваційних систем є створення регіональних інноваційних кластерів в пріоритетних науково-технічних галузях, які з 2010 року підтримуються на загальнодержавному рівні спеціальною федеральною програмою (до цього фінансування здійснювалось за рахунок регіональних влад).

Найбільш яскравим прикладом інноваційної системи США є “Кремнієва долина” – провідний інноваційний кластер, який отримує третину всіх венчурних (високоприбуткових, але ризикових) капіталовкладень, що здійснюються в США, а у 2010 році урядом США у сфері кластерної політики була створена спеціальна комісія (the Federal Task Force on Regional Innovation Clusters).

Інноваційні системи, як вкрай необхідні для розвитку транспорту та його безпеки, можливо та потрібно створювати і у транспортній сфері. Аналіз інноваційних систем, наприклад у військовій сфері передових країн світу, в першу чергу країнах-членах НАТО, чітко вказує на переваги системи, яка створена та успішно функціонує в збройних силах США. Ця система включає видові наукові центри та міжвидове Агентство передових оборонних дослідних проєктів DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Особливістю діяльності останнього є опрацювання міжвідомчих, найбільш ризикових та проєктів подальшої перспективи (програми 2-4 річних досліджень), підтримка проривних досліджень, подолання розриву між фундаментальними дослідженнями і їх впровадженням у військовій сфері. На прикладі DARPA створені аналоги в інших країнах, наприклад, GDA (Франція), SASTIND (Китай), MAFAT (Ізраїль), DRDO (Індія).

Станом на травень 2016 року, Департаменту підпорядковано 24 Центри інновацій (Centers of Innovation), структурні підрозділи яких, в свою чергу, розташовані у т.ч. поза межами США. Кожному Центру визначені конкретні спеціалізовані завдання та напрямки діяльності.

Незважаючи на всі плюси об’єднання, інноваційні кластери не виникають спонтанно і не починають інтегруватись самі по собі. Дуже часто ініціаторами створення кластерів виступають їхні майбутні резиденти, при цьому запустити кластероутворюючі механізми може лише держава (Україна), яка в свою чергу



в силах забезпечити придбання нових розробок, ставши замовником інноваційних продуктів та створити фіскальні та інші стимули для залучення резидентів кластера.

8.5. Пропозиції щодо створення інноваційних кластерів транспортної безпеки в Україні

Створення інноваційного кластеру є складним багатоетапним проектом. Кожен етап побудови кластера являє собою рішення певного кола пріоритетних управлінських завдань, без успішного вирішення яких виконання наступного етапу є неможливим.

Кластер – це географічно близькі групи взаємопов’язаних компаній та пов’язаних з ними організацій, асоційованих установ в окремій галузі, сфері що пов’язані спільними технологіями та навичками, характеризуються спільністю діяльності та які взаємодоповнюють один одного. Вони звичайно існують в географічній зоні, де комунікації, логістика та людські ресурси є легкодоступними. Кластери зазвичай розміщуються в регіонах, а іноді – в окремому місті. Розенфельд підкреслює, що кластери повинні мати активні канали для бізнес-транзакцій, діалогу та комунікацій. “Без активних каналів, навіть критична маса відповідних фірм не є місцевим виробництвом або соціальною системою і, таким чином, не функціонує як кластер” [13].

Інноваційний кластер являє собою цілісну систему підприємств і організацій по виробництву й споживанню готового інноваційного продукту, що включає в себе весь інноваційний ланцюжок від розвитку фундаментальної наукової ідеї до виробництва та дистрибуції готової продукції, а також систему тісних зв’язків між фірмами, їх постачальниками і клієнтами, а також інститутами знань, що сприяють появі інновацій.

Інноваційний кластер формує певну систему поширення нових знань і технологій, забезпечує прискорення процесу трансформації винаходів в інновації, а інновацій у конкурентні переваги, розвиток якісних стійких зв’язків між всіма його учасниками. Виникнення таких кластерів – закономірний процес при наявності спільної наукової та виробничої бази. Кластер включає в себе компанії, які і кооперуються, і конкурують один з одним [14].

Структурно, інноваційний кластер складається з ядра, продуктових



інжинірингових компаній, двох оточень: науково-виробничого та інфраструктурного, а також ради кластеру і керуючої компанії.

Враховуючи вищевикладене, можливо надати основні пропозиції щодо створення інноваційних кластерів транспортної безпеки, як в інтересах транспортної галузі, так і в інтересах національної безпеки України:

1. Для охоплення всього спектру безпеки на транспорті, тобто починаючи від космічних та комп'ютерних систем і програмного забезпечення до них, нових систем транспортної безпеки, зв'язку, об'єктів транспорту та засобів сполучення і переміщення тощо – до прикладних досліджень шляхів сполучення та глибин океану, від нових матеріалів, які інтегровані в системи – до побутових предметів на об'єктах транспорту та рухомому складі, необхідно створити Міжвидове Агенство передових проектів транспортної безпеки (за прикладом DARPA або MAFAT).

Головна ідея побудови такої структури є в тому, що кожен громадянин України, як військовий, так і цивільний, може подавати свої інноваційні ідеї, пропозиції, винаходи у відповідний Центр, який забезпечує його розгляд, аналіз, вивчення та, за необхідності, здійснює впровадження в дію, в інтересах транспорту. При цьому, враховуючи кількість людей, які задіяні у транспортній галузі і є практиками кожний у своїй сфері, основні пропозиції повинні надходити саме від них.

2. Для концентрації технологічно взаємопов'язаних між собою організаційних структур транспортного та подвійного призначення, які будуть взаємодіяти і підсилювати ефективність транспортної та національної безпеки України необхідно створити Інноваційні кластери (інноваційні центри) по видах транспорту. Це надасть можливість учасникам кластеру бути успішними структурами, здатними функціонувати поза кластером. В той же час добровільно об'єднуючись в кластери, його учасники отримують доступ до ресурсів один одного, перетворюючись в швидко прогресуючі технологічні об'єднання. В результаті таких об'єднань, виграш отримує кожен з учасників кластера, крім того окремий виграш отримують вид транспорту, та регіон, в якому утворюється кластер, що приведе до підвищення рівня як транспортної так і національної безпеки.

3. Для оптимізації заходів щодо транспортної безпеки та вдосконалення державного оборонного замовлення і використання його в якості чинника стимулювання інноваційних процесів необхідно – вдосконалити систему



державного управління інноваційною діяльністю у державному секторі економіки.

4. Надання можливості оформлення документів на винахід кожному пересічному громадянину, який має хист до цієї справи, що повинно бути доступним, як для фізичних, так і юридичних осіб (захмарні розміри зборів за дії, пов'язані з охороною прав на об'єкти інтелектуальної власності, не дають можливості це зробити), у підсумку це буде спонукати талановите населення країни займатись науковою та винахідницькою і раціоналізаторською роботою. Це також призведе до високого освітнього та наукового потенціалу, який буде здатний продукувати різноманітні нововведення у вигляді ідей, наукових розробок та патентів, тому є необхідність переглянути та відмінити Постанову Кабінету Міністрів України від 12 червня 2019 року № 496 “Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2001 року №1756 і від 23 грудня 2004 року № 1716”.

5. Для спонукання талановитих громадян України займатись винахідницькою, раціоналізаторською та науковою роботою, що приведе до високого освітнього та наукового потенціалу, який буде здатний продукувати різноманітні нововведення у вигляді ідей, наукових розробок та патентів:

- підняти престиж (роз'яснювальна робота, реклама, збільшення кількості інформаційних заходів та їх аудиторії) наукового працівника;

- здійснити реальне фінансування винахідницької, раціоналізаторської роботи та наукових досліджень;

- створити соціальні програми, які спрямовані на населення (за категоріями: дитяча, студентська, для працівників та службовців тощо) щодо залучення та популяризації (широке використання ЗМІ) винахідницької та раціоналізаторської діяльності та наукової роботи;

- прийняти рішення на законодавчому рівні про заохочення за інноваційні досягнення (наприклад: для дітей – безкоштовне навчання у вишах; для студентів – працевлаштування або повернення коштів витрачених на навчання; для працівників та службовців – додаткова оплачувана відпустка або премія).

6. Для підвищення попиту на національні інновації, як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках, а також для підйому економіки країни, в тому числі і у транспортній сфері, зростає роль фактора формування попиту, що вимагає відповідного концептуального опрацювання в області формування і реалізації державного замовлення, тому необхідно – розробити проект Концепції



стимулювання і формування попиту на українські інновації.

7. Для проведення об'єктивної та кваліфікованої експертизи в системі прийняття рішень з науково-технічних питань і виборі пріоритетів розвитку, сприяння розширенню суспільного визнання важливості і перспективності інноваційної діяльності та посилення її ролі у вирішенні двоєдиного завдання: підвищення конкурентоспроможності вітчизняної економіки та забезпечення національної безпеки держави необхідно – підняти рівень інноваційної культури.

Таким чином, з урахуванням вищезазначеного та наданих пропозицій можливо зробити наступні **основні висновки**:

1. Потреба в інноваціях сьогодні актуалізується більше, ніж будь-коли раніше. По-перше, це пов'язано з необхідністю відновлення економіки і безпеки держави та розвитку всього транспортного комплексу, а інновації можуть стати ефективним засобом досягнення цієї мети. По-друге, із зміною способів функціонування економіки і суспільства внаслідок сучасних технологічних трансформацій, особливо у сфері інформаційно-комунікативних технологій (наприклад, впровадженні технологій штучного інтелекту, блокчейну, Інтернету речей та промислового Інтернету речей, 3-D друку, 6G зв'язку доповненої та віртуальної реальності тощо), які докорінним образом змінюють процеси виробництва і будівництва, торгівлі і логістики, навчання і накопичення знань і т. і.

2. Інновації в Україні ще не мають вирішального значення для розвитку економічної діяльності і забезпечення економічної стабільності держави та розвитку транспорту хоча інноваційна діяльність є сьогодні чи не найважливішою умовою створення конкурентоспроможних товарів та послуг як фактора зростання економіки нашої країни.

3. Держава повинна здійснювати пряме фінансування інноваційних проектів, стимулювати інвестиції в інноваційні проекти з боку приватних і державних підприємств через створення пільгових умов для тих підприємств, які впроваджують прогресивну техніку і технології, а також займаються науковою і науково-технічною діяльністю.



KAPITEL 9 / CHAPTER 9. FEATURES OF PROTECTION OF INFORMATION IN INFORMATION SYSTEMS

*ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-054

Introduction

The problem of ensuring the protection of information is one of the most important in building a reliable information structure of an institution based on a computer. This problem covers both physical protection of data and system programs, and protection against unauthorized access to data transmitted over communication lines and located on storage, which is the result of the activity of both unauthorized persons and special virus programs. Thus, the concept of data protection includes issues of preserving data integrity [1, 2] and data access control (authorization).

In order to use the data protection tools that have been proven in practice most effectively, their inclusion must be envisaged already at the early stages of the design of office systems. It should be emphasized that the organization of office LANs also has the other side of the coin: all generally accepted procedures for physically restricting access to computers become ineffective and the center of problems is shifting to the organization of control over the collective use of data. At the same time, the problem of the personal information of each network user remains for collective use.

The paper discusses the features of information protection in information systems (IS).

9.1. Model of a potential intruder

When developing a general IS protection policy, it is crucial to analyze the model of a potential violator and his place in IS.

It is possible to distinguish four levels of opportunities for the implementation of the threat and the implementation of encroachment on information resources of the IS and, therefore, four levels of violators of information security. The classification is hierarchical, i.e. each next level includes the functionality of the previous one.



The first level defines the lowest level of capability. Violators carry out external threats (mainly with the help of electronic methods of violating information security) or launching tasks (programs) from a fixed set that implement previously provided functions for information processing [3, 4].

The second level is determined by the ability to create and run your own programs with new functions for information processing [5].

The third level is determined by the ability to control the functioning of a computer system, i.e. impact on the basic software of the system and on the composition and configuration of its equipment [6].

The fourth level is determined by the entire scope of capabilities of persons engaged in the design, implementation and repair of technical means, up to including their own technical means with new functions for information processing into the system. Such personnel may include information systems developers, system programmers, database administrators, individual users, and relevant business leaders.

It is assumed that at his level the offender is a highly qualified specialist, knows everything about the information system and the means of its protection, and can, under certain circumstances, carry out the whole range of attacks on information resources [7].

9.2. Methods of fraud in information systems

Fraud is the theft of someone else's property or the acquisition of the right to someone else's property by deception or abuse of trust.

Computer crimes - illegal access to computer information; creation, use and distribution of malicious programs for computers; violation of the rules of operation of computers, computer systems or their networks, resulting in the destruction, blocking, modification or copying of information, disruption of the operation of computers, computer systems or their networks [8].

In accordance with these concepts, the method of fraud in IS is understood as a set of techniques and means that provided unauthorized access to information resources and technologies and allowed them to be used illegally.

IS fraud is a complex crime with three distinct phases (links):

- preparatory, when unauthorized access to data and machine information is



carried out;

- main, when the movement of information resources is organized by manipulating data and control programs;

- final, when traces of fraud are masked.

In the preparatory phase, one or a combination of the following techniques is implemented:

1) Confiscation of computer equipment (CE) by means of theft, robbery, extortion (ie, the commission of ordinary “non-computer” crimes). Objects, as a rule, are system blocks that contain installation data about all clients, depositors, creditors, etc. in permanent memory.

2) Interception of information using methods and equipment of audio, visual and electromagnetic observation (control). Objects, as a rule, are communication channels, telecommunications equipment, office premises for confidential negotiations, paper and magnetic media (including technological waste).

3) Unauthorized access to CE, which is implemented using the following basic techniques:

3.1) "For a fool" - penetration both into production facilities (physical) and into electronic systems according to the following scheme:

- physical penetration - while holding objects related to work on computer equipment (elements of disguise), you should expect someone with authorized access near the locked door behind which the object of encroachment is located. When a legitimate user appears, all that remains is to go inside with him or ask him to help bring in the items allegedly necessary for working on a computer [9, 10];

- electronic penetration - connection of a computer terminal to communication channels at the moment when the employee leaves his workplace for a short time, leaving the terminal or personal computer in an active mode.

3.2) "By the tail" - the criminal connects to the communication line of the legitimate user and waits for a signal indicating the end of the work, intercepts it, and then, when the legitimate user ends the active mode, accesses the system. Telephones with the function of holding the number of the called subscriber have similar properties.

3.3) “Computer boarding” - selection manually or using an automatic program of the access code of a computer system using an ordinary telephone.

3.4) “Slow choice” (gap, hatch) - the study of weaknesses in the protection of a computer system, their research, identification of areas with errors or unsuccessful



logic of the program structure, breaking the program and additional introduction of commands.

3.5) "Masquerade" - penetration into a computer system, posing as a legitimate user using his codes and other identifying ciphers.

3.6) Hoax - creating conditions when a user connects to someone else's system, being absolutely sure that he is working with the subscriber he needs. By forming plausible responses to user requests and supporting his delusions for a while, access codes or password responses are usually obtained.

3.7) "Emergency" - the creation of conditions for the occurrence of failures or other deviations in the operation of the computer, when a special program is turned on in the computer center, it is allowed to access the most valuable data in emergency mode, as a rule, in this mode all available in the system are "turned off" information security means [11, 12].

At the main phase, the main methods of data manipulation and control programs leading to the movement of information resources are:

- Data substitution - change or introduction of new data, as a rule, during input-output of information for attributing "foreign" history to address data.

- "Trojan horse (matryoshka, worm, bomb)" - a secret introduction to the software of special programs. All data manipulations are performed and controlled by this program at a certain given moment in time and under the circumstances favorable to the criminal.

- "Asynchronous attack" - using the asynchronous nature of the operating system, an attacker can force it to work under false conditions, which partially or completely disrupts processing control. This situation is used to make changes to the operating system, and outside of it these changes will not be noticeable.

- "Modeling" - building a model of IS behavior in various conditions in order to optimize the way of data manipulation and organization of information resources movement.

"Salami" - the original electronic version of the methods of withdrawing "extra" money in your favor. When using this method, the attacker, just as in the previous case, "adds" the application software with a special module that manipulates information, transferring rounding results to a fake account when conducting legitimate transactions [13].

Hiding traces.

Splitting money amounts - the attacker divides the funds received as a result of

unauthorized manipulations with banking information into unequal shares, credited to correspondent accounts of third-party banks, where the transferred amounts could subsequently be withdrawn in cash.

Transfer of funds - an attacker organizes the transfer of the received funds through the accounts of various bank customers - and as a result - makes it difficult to determine the true path of origin of funds. Further, when the "ends" are lost, these amounts can be used at your discretion.

“Buching” (organization of electronic blocking) - a banking computer system is blocked by a simultaneous “attack” of unauthorized access by a large number of intruders (accomplices) from their personal computers from different regions. They organize the cover of one major illegal transaction with a huge number of fictitious payment orders, which make it difficult to determine the true pathways of the money flow.

9.3. Goals and objectives of information protection in IP

The purpose of protecting an information processing system is to counter security threats. Therefore, a secure or secure system is one that has defenses that successfully and effectively counter security threats. The goal tree is shown in Fig. 1.

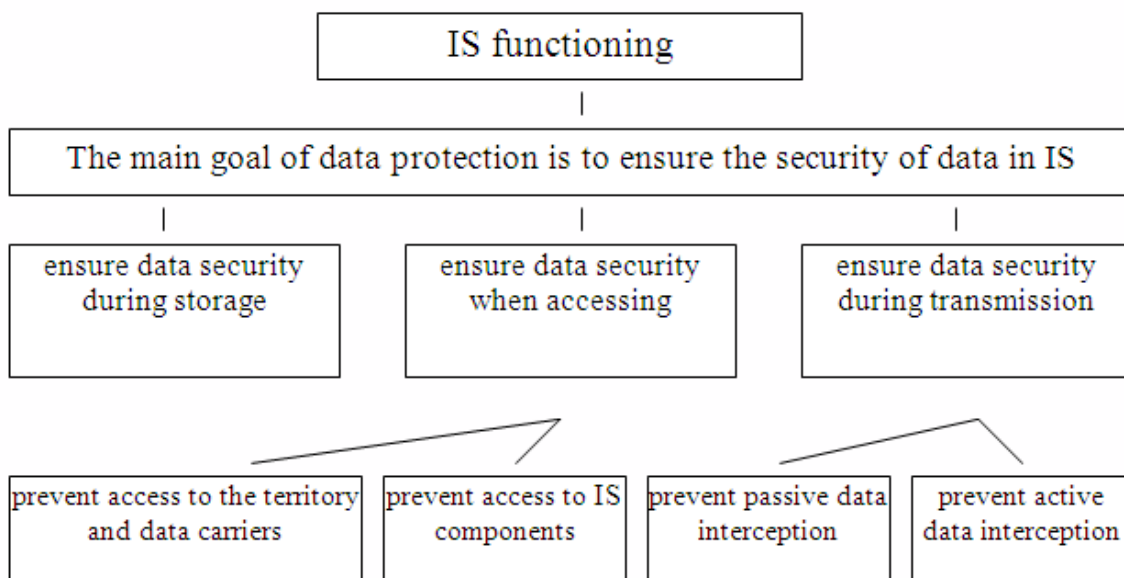


Fig. 1. Goals and objectives of data protection in IS



9.4. Principles of organization of data security systems (DSS) IS

9.4.1 Basic concepts

Data security is a state of stored, processed and transmitted data in which it is impossible to accidentally or intentionally receive, change or destroy.

Data protection is a set of targeted actions and measures to ensure data security.

Method (method) of data protection - a set of techniques and operations that implement data protection functions (examples: password methods, encryption methods, etc.).

Based on the protection methods, protection tools are created (example: encryption / decryption devices, password analysis programs, burglar alarm sensors, copyright laws, etc.)

A protection mechanism is a set of protection tools that function together to perform a specific data protection task (example: cryptographic protocols, protection mechanisms for operating systems, databases, etc.).

Data security system (SODS) - a set of data protection tools and mechanisms.

9.4.2 Principles of DSS organization and DSS requirements

The DSS organization is carried out on the basis of the following fundamental principles (Fig. 2).

The principle of consistency means that ensuring data security is a regular process carried out at all stages of the IS life cycle with the integrated use of all means and mechanisms of data protection to prevent or compensate for the consequences of possible unauthorized access.

The principle of specialization has three aspects:

1) reliable data protection mechanisms can be developed only by professional specialists;

2) the implementation of a continuous process of ensuring data security is possible only on the basis of means and mechanisms for protecting industrial production;

3) data protection specialists should ensure the effective functioning of the DSS.

The principle of non-formalism means that the methodology for designing DSS and individual protection mechanisms is basically informal [14, 15].

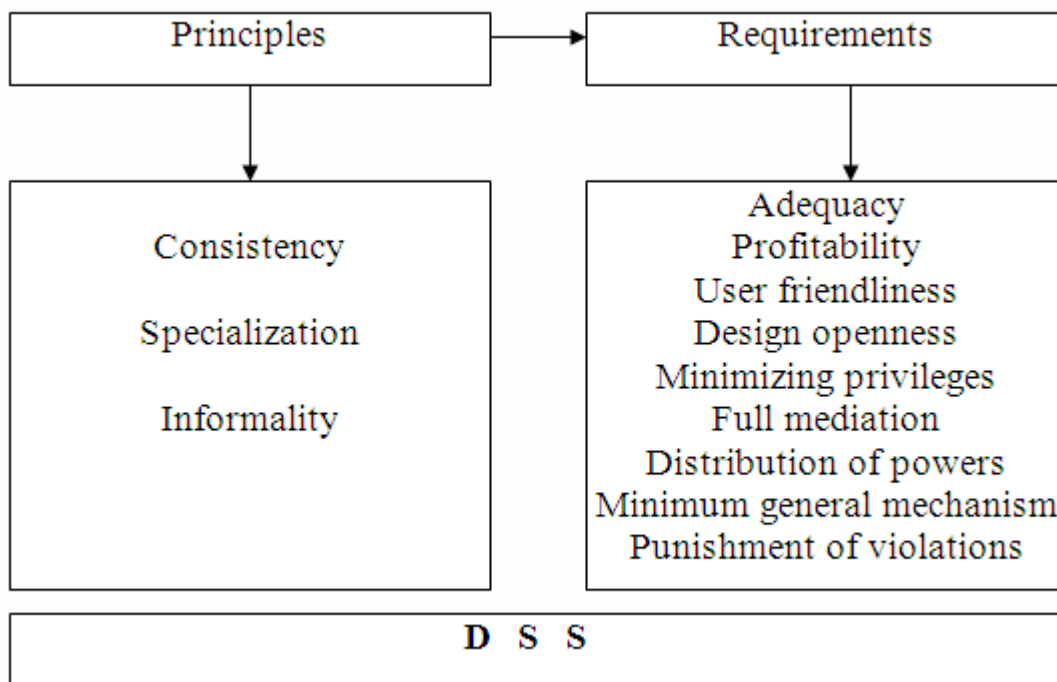


Fig. 2. Principles and requirements for DSS

The following basic requirements are imposed on DSS and its elements.

1. Adequacy. DSS must reliably ensure the security of data in the IS.
2. Profitability. The creation and operation of DSS should be carried out with a minimum consumption of material and network resources [16-18].
3. User friendliness (psychological acceptability). Data protection mechanisms should not create additional difficulties for legitimate network users.
4. Design openness. Data protection mechanisms must function effectively even when their structures and algorithms are known to the intruder.
5. Minimization of privileges. Each user is granted only the rights he really needs to access the resources (data) of the system.
6. Full mediation (completeness of control) should be carried out with each access to each protected resource (data).
7. Distribution of powers. Every important operation must be allowed under at least two conditions.
8. The minimum of the general mechanism. The use of the same protection mechanism by many users can lead to the disclosure of the mechanism.
9. Punishment of violations. The DSS should provide for "penalties" for violations (for example, blocking the terminal when entering a password more than the allowed number of times).



9.4.3 The main subsystems that make up the DSS IS

The access subsystem integrates access control mechanisms and is designed to prevent unauthorized use of network resources.

The subsystem for ensuring the security of the transmitted data performs the functions of protecting the transmitted data from passive (disclosure of content, traffic analysis) and active (change, interruption of the data flow; initiation of a false connection, etc.) interception of data. The subsystem includes mechanisms for encryption, digital (electronic) signatures, integrity assurance, text filling and data certification.

The authentication subsystem combines various authentication mechanisms and provides confirmation of the identity of users and IS elements.

The subsystem for ensuring data security in the database includes mechanisms for accessing data and mechanisms for maintaining the integrity of data in the database.

The OS security subsystem is formed by the mechanisms of supervision, preventive control, audit and access control, functioning as part of the OS.

The data protection management subsystem performs the functions of detecting and compensating for the consequences of a disruption in the functioning of the DSS, as well as coordinating the functioning of the subsystems and elements of the DSS.

Conclusion

In the paper we consider the main features of protected information systems are considered. The principles of organization of data security systems are shown.



KAPITEL 10 / CHAPTER 10.
WASTE LOGISTICS AS A FACTOR DETERMINING AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SPACE FOR A UNIT OF SOCIETY
ЛОГИСТИКА ОТХОДОВ, КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ-БЕЗОПАСНОЕ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ ЕДИНИЦЫ СОЦИУМА
ЛОГІСТИКА ВІДХОДІВ, ЯК ФАКТОР, ЩО ВИЗНАЧАЄ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНИЙ ПРОСТІР ДЛЯ ОДИНИЦІ СОЦІУМУ

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-002

Вступ

Логістика відходів в середовищі вулично-дорожньої мережі промислових зон (СВДМПЗ) включає рух наступних основних матеріальних потоків:

– рух поворотних відходів, тобто відходів, які переробляються або повторно використовуються, внаслідок чого суб'єкт мегаполісу отримує додатковий прибуток;

– рух відходів, які утилізувалися з отриманням нових видів продукції. Це, перш за все, скляні і пластмасові пляшки і флакони, папір і т.д.;

– рух відходів, не придатних до утилізації (абсолютна більшість хімічної промисловості).

Основними шляхами вирішення питань, пов'язаних з управлінням відходами в мегаполісі, є: створення оптимальної системи управління відходами з урахуванням специфіки життєдіяльності СВДМПЗ; обґрунтування оптимальних допустимих розмірів запасів відходів для подальшої переробки. При цьому повинні враховуватися витрати на зберігання запасів відходів на складі, на їх транспортування, ступінь забруднення навколишнього середовища; штрафи за несанкціоноване зберігання відходів на складах підприємства; створення регіональних підприємств по переробці відходів в місцях концентрації промислових вантажопотоків.

Забезпечення екологічної стійкості транспортних потоків є складним процесом, який залежить не тільки від техногенного впливу транспортних одиниць на довкілля, що, в свою чергу, залежить від багатьох факторів, а саме – сезонності, часу, простору, але і від процесу урбанізації архітектури екологічного каркасу вулично-дорожньої мережі в умовах існуючого асиміляційного потенціалу середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон, в складі яких виробничим підприємствам необхідно впроваджувати логістичні підходи до переробки і транспортування відходів з метою забезпечення екологічно-безпечного простіру (ЕПБ) для одиниці



соціуму.

10.1. Логістика відходів, як фактор, що визначає безпеку екологічно-безпечного простіру на прикладі середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон м. Маріуполя

Для міста Маріуполя в середньому за рік із загального числа відходів вироблених (зокрема твердих – 11,0 %, газоподібних – 89,0 %) на підприємствах міста доводиться промислових відходів I–IV класів: 62,9 % – 5,35 млн. тон – Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча; 38,8 % – 3,3 млн. тон – Металургійний комбінат «Азовсталь»; 0,6 % – 50,6 тис. тонн – Маріупольський коксохімічний завод «Маркохим». При аналізі існуючої проблеми слід так само відзначити стихійне утворення звалищ. Більше всього звалищ в районах міста, а саме: Кальміуському – 7, в Центральному – 4, в Лівобережному – 3 і одна в Приморському [1].

В процесі життєдіяльності мегаполісу утворюються різні види відходів (рис. 1).

Тому перед органами самоврядування міст, які мають СВДМПЗ гостро встають проблеми, пов'язані із зменшенням відходів. До першочергових дій в цьому напрямі відносяться:

- створення сучасної системи управління відходами і їх утилізацією;
- забезпечення збалансованості економічних і соціальних аспектів управління відходами;
- необхідність створення ланцюга по утилізації відходів;
- зменшення об'ємів відходів;
- зменшення відходів токсичного і небезпечного характеру;
- створення спеціалізованих полігонів по переробці відходів.

Як приклад, розглянута існуюча схема утилізації шлаків на металургійному підприємстві ім. Ілліча – одного з крупних забруднювачів в СВДМПЗ [2].

Основними завданнями логістики відходів в мегаполісі є:

- використання спеціалізованого транспорту при перевезенні відходів;
- мінімізація витрат на перевезення відходів від місць збору до місць



Рис. 1. Схема відходів життєдіяльності СВДМПЗ

Авторська розробка

утилізації і/або поховання, зокрема, завдяки оптимізації транспортних маршрутів;

– оперативна утилізація відходів, які можуть бути повторно використані;



– своєчасне видалення, знешкодження і поховання відходів, які не можуть бути утилізовані;

– мінімізація витрат на збір, зберігання, обробку, перевезення, а також видалення, знешкодження і поховання відходів;

– мінімізація шкідливого впливу на навколишнє середовище і здоров'я населення.

До основних функцій логістики відходів в СВДМПЗ відносяться:

– організація збору відходів;

– організація зберігання відходів, а при необхідності їх обробка;

– організація перевезення відходів;

– організація процесу утилізації відходів;

– управління процесом утилізації відходів;

– організація видалення, знешкодження і поховання відходів, які не підлягають утилізації;

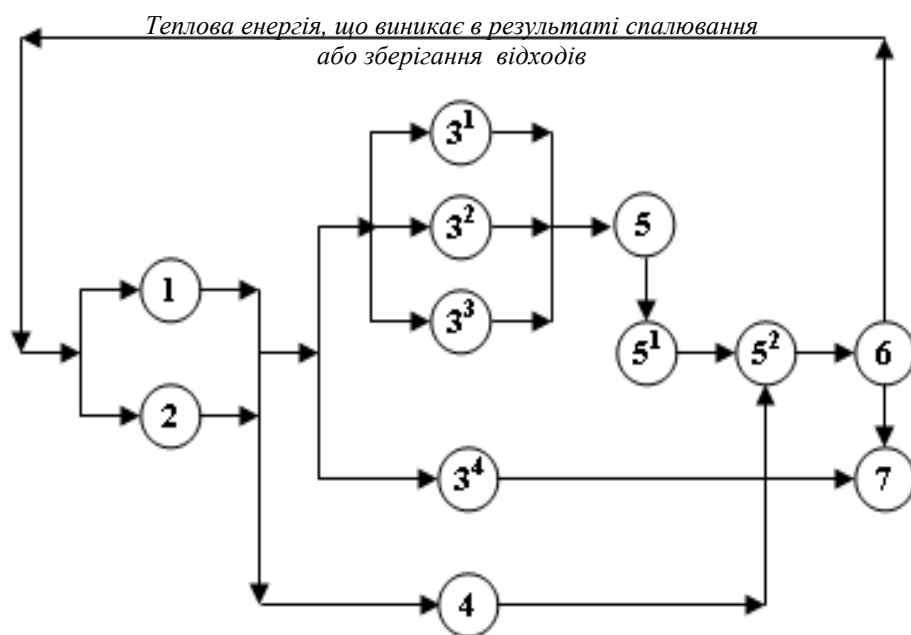
– контроль впливу на навколишнє середовище і здоров'я людини відходів і пов'язаних з ними процесів управління.

Ґрунтуючись на поставлених перед логістикою відходів в СВДМПЗ завданнях і проблемах, що існують в цій області, а так само використовуючи теоретичні основи структурної побудови складних систем побудований топологічний граф – система руху відходів в умовах СВДМПЗ, з урахуванням існуючої проблеми енергозбереження (рис. 2).

Структура ланок в логістиці відходів – це безліч всіх можливих взаємозв'язків усередині логістичної мережі потокового процесу відходів СВДМПЗ, яке визначається виходячи з розподілу поставлених завдань і цілей.

Структура логістичної мережі відходів базується, як на загальносистемних властивостях (наявність об'єктів, існування зв'язків між ними і тому подібне) так і спеціальних, властивих тільки даних конкретній системі або її підсистемам, які пов'язані з особливостями різних видів відходів, їх масштабу, можливостям їх переробки, рециклінгу і інших процесів [3, 4].

Типові структури вхідних потоків вантажів СВДМПЗ, що переробляються і виходять, різноманітні, а саме: це система з одним джерелом товару; з декількома джерелами товару і декількома споживачами; джерелом товару, виробництво і споживач; декілька джерел товару і декілька взаємозамінних споживачів; декілька джерел товару виробництва і споживачів взаємозамінних між собою; канал розподілу з логістичним розподільним центром (ЛРЦ) і



Джерела відходів: промислові підприємства – 1, соціальна система мегаполісу – 2;

Система збору (упаковки) відходів: 3^1 – контейнер для нероздільного збору, 3^2 – контейнер для великогабаритного сміття, 3^3 – контейнер для вторинної сировини, 3^4 – стихійні звалища сміття;

Система вторинної переробки відходів: пункти прийому вторинної переробки сировини – 4, переробка вторинної сировини – 6;

Система переробки відходів: перевантажувальний пункт – 5, сортування відходів – 5^1 , складування відходів – 5^2 ;

Система утилізації відходів: Поховання або утилізація відходів – 7.

Рис. 2. Граф топологічний портрет логістичної схеми руху відходів у СВДМПЗ

Авторська розробка

ідентифікацією торгових сегментів; канали розподілу з ЛРЦ і взаємозамінними каналами постачання; індивідуальна організація сервісу виробник – клієнт з посередником – експедитором.

Типові логістичні структури забруднювачів в логістичних каналах СВДМПЗ – це система замкнутого (безвідходного) технологічного процесу, частково замкнутого і відкритого (рис. 3: а, б, в і г) [5, 6].

По приведених логістичних потоках забруднювачів (рис. 3) в СВДМПЗ функціонують n промислових і транспортних об'єктів – складових системи корпоративного екологічного менеджменту, а початковими характеристиками для дій, що управляють є рівень екологічної безпеки i -го об'єкту мегаполісу u_i і рівень ризику x_i .



Якщо позначити через Y рівень безпеки екологічно-безпечного простору (ЕБП) аналізованого СВДМПЗ, а ризик через X , то їх можна оцінити наступними залежностями:

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i, \quad X = \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

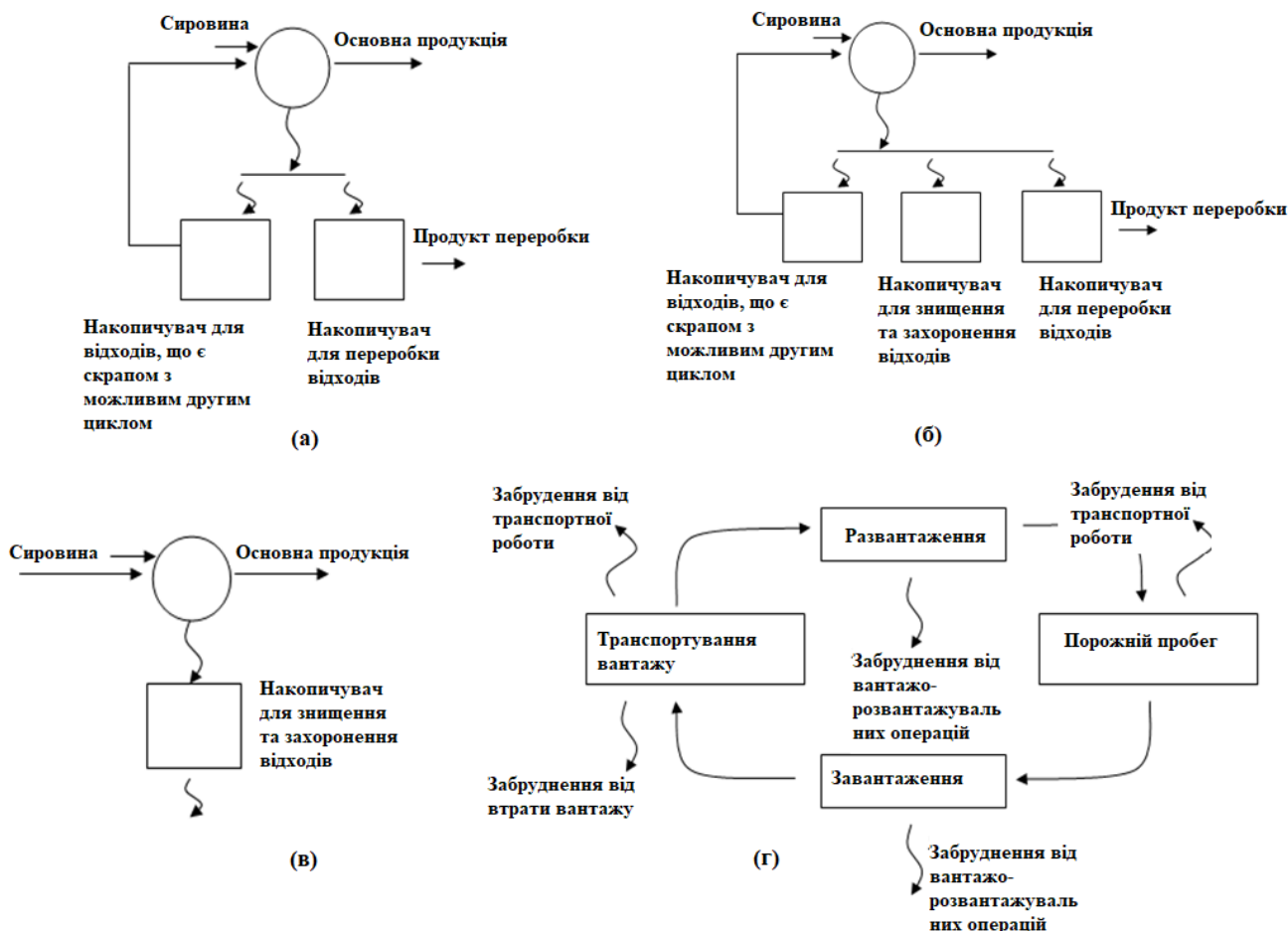


Рис. 3. Типові структури ланок забруднювачів в логістичних каналах СВДМПЗ

Авторська розробка

Ці прості початкові положення дозволяють проводити аналіз роботи підприємств при дії тих або інших економічних механізмів, з відповідним рівнем витрат Z_i :

$$z_i = \varphi_i(y_i), \quad (2)$$



де:

φ_i – зростаюча функція $y_i \varphi_i$.

Ці витрати включають в собі дві складові. Перша пов'язана з переходом на новий рівень безпеки (зміна технології, закупівля досконаліших систем контролю, навчання персоналу і так далі), а друга – з підтримкою цього рівня протягом даного періоду часу – підвищені витрати при новій безпечнішій технології, витрати на обслуговування систем контролю і так далі.

10.2. Особливості поновлення потенціалу одиниці соціуму в умовах екологічного каркасу СВДМПЗ

Людино-машинні системи транспорту в своїй роботі мають властивість гомеостазу, тобто мають можливість повертатися в стан стійкої рівноваги, будучи виведеної з нього факторами ненадійності техніки і витрачених людиною сил.

У процесі трудової діяльності у людини виникають проблеми різного рівня складності. Починає гостро відчуватися зниження комфортності умов, в яких людина працює, проводить вільний час. Виникає необхідність позбутися від фізичної втоми, від втоми напруженої розумової праці. Чергування праці і відпочинку повертає систему людини в рівноважний стан. Ефективним продуктом для цієї мети ставати ідея відновлення сил людини, витрачених в процесі життєдіяльності в умовах екологічного каркасу (ЕК) СВДМПЗ.

Ця ідея розвивається від фрагментарних послуг відпочинку одиниць соціуму і стає новою сферою про працю людини.

Мета процесу безперервного поліпшення праці в умовах ЕК СВДМПЗ – це позбавлення від фізичної та розумової втоми за рахунок здорового відпочинку, гідного матеріального, духовного і морального стану людини в суспільстві.

Нові галузі науки розвиваються з логістикою послуг людині: з трансформацією логістичного мислення від фрагментарних послуг до інтегрального управління відновленням сил людини до стрімкого зростання послуг в умовах цивілізації і індустріалізації соціуму.

Принципова відмінність причин втрати працездатності персоналу обслуговуючого транспортну систему обґрунтовує доцільність декомпозиції



системи на підсистеми рекреації та релаксації, причому під рекреацією розуміється відпочинок, відновлення сил людини витрачених в процесі праці, а під релаксацією – позбавлення від психічної втоми, нервового напруження.

Метою цих двох підсистем є повернення до рівноважного стану системи після припинення дії сил, що вивели систему зі стану рівноваги.

Система дефініцій рекреації та релаксації (табл.1) як основа інтелектуальної комунікації замикає фундаментальне місце і виконує системоутворюючу роль в побудові і розвитку і застосуванні єдиного і строго наукового світогляду системи теоретичних знань і практичних навичок у вирішенні проблеми забезпечення потенціалу одиниці соціуму в ЕК СВДМПЗ.

Таблиця 1

Дефініції логістики відновлення втраченого людиною потенціалу при роботі в умовах ЕК СВДМПЗ

Дефініції рекреації	Дефініції релаксації
Відповідна ідея позбавлення від видів фізичної втоми	Відповідна ідея рятує персонал від нервового стану в роботі
Відповідна якість послуг відпочинку і позбавлення від фізичної втоми персоналу транспорту	Відповідна якість стійкої психіки
Відповідна група персоналу позбавлена від фізичної втоми в зоні комфортності	Відповідна частина персоналу позбавлення від стресових факторів в зоні комфорту і культурного комплексу
У відповідний період планування органом управління	У відповідний період визначений органом управління процесу
Відповідно до інформованості і відновлення фізичних сил людини в системі праця-відпочинок	З відповідною інформацією про повернення системи праця-відпочинок в рівноважний стан

*Дефініції розроблені на основі общего підходу до термінів логістики.

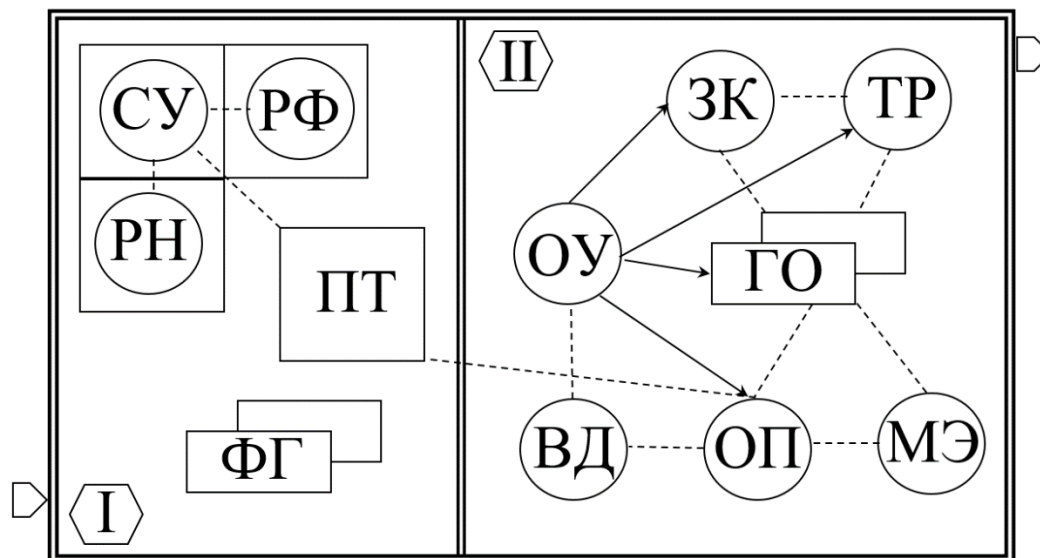
Парадигма і її дефініції розкривають, обґрунтовують і адаптують інноваційні ідеї відновлення сил в процесах забезпечення життєдіяльності.

Системний аналіз процесів рекреації та релаксації вибудовує узагальнену схему (рис. 4), яка дозволяє розробляти конкретні рекомендації щодо розв'язання реальних проблем та об'єднати шляхів їх рішення в єдине ціле – як діяти і на що впливати.

Практичне впровадження рекреації та релаксації позбавляє від втоми,



перенапруги, повертає в рівновагу стан одиниці соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ.



зовнішні зв'язки - - - - зв'язки між підсистемами

команди управління

I фаза підготовки до вирішення:

РФ – різноманітність видів фізичної втоми людини; РН – різноманітність видів втоми людини; СУ – сукупності складових потенціалу у людини; ПТ – виявлення у людини з фізичної втоми; ФГ – формування груп відпочинку; II фаза організації рішення: ОУ – орган управління; ГО – групи відпочиваючих; ЗК – зона комфортності (ЕБП); ТР – технічні ресурси; ОП – група обслуговуючого персоналу; ВД – варіанти зовнішнього доповнення; МЭ – заходи до еволюції безперервного поліпшення рекреації та релаксації в ЕК СВДМПЗ

Рис. 4. Схема відновлення втраченого людиною потенціалу в умовах ЕК СВДМПЗ

Авторська розробка

Автори пропонують в рамках своїх досліджень [5, 6] модель оцінки дефіциту (С) представити в такий спосіб:

$$C = (K_t \cdot (1 - P)) \cdot D_{\text{потенційний}} - (D - Z), \quad (3)$$

де:

K_t – коефіцієнт часу знаходження фізичної особи в небезпечному секторі архітектури ЕК;

P – оцінка потенціалу архітектури ЕК;

$D_{\text{потенційний}}$ – обсяг потенційних доходів, які соціум міг би отримати від діяльності даної фізичної особи за все його життя без компенсації за втрату здоров'я, грн;



Д – обсяг доходів, котрий фізична особа знаходячись в визначеному секторі ЕК отримала від діяльності, до моменту втрати працездатності, грн;

З – витрати держави на відновлення здоров'я фізичної особи, яка мешкає в межах існуючої архітектури ЕК СВДМПЗ.



Рис. 5. Схема секторального розподілу в існуючій архітектурі ЕК СВДМПЗ

Висновки

Запропоновано підхід, який заснован на реалізації корпоративної екологічної логістики відходів у СВДМПЗ, що дозволяє управляти процесом проходження потоків відходів і їх мінімізацією, а також підтримувати необхідний рівень екологічної безпеки функціонування промислових підприємств, що є одним з найважливіших вимог в умовах впровадження на підприємствах інтегрованих систем управління якістю.

Запропонована модель визначення кількісної характеристики оцінки дефіциту потенціалу одиниці соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ є універсальною, оскільки дозволяє визначати обсяг необхідних на підтримку здоров'я не тільки в результаті надзвичайних ситуацій, але і може використовуватися для оцінки наслідків «штатного» впливу архітектури екологічного фахверка СВДМПЗ на життя і діяльність одиниці соціуму.



KAPITEL 11 / CHAPTER 11.
**CLASSIFICATION OF SOCIAL EFFECTS OF SUSTAINABLE
DEVELOPMENT OF PUBLIC TRANSPORT ENTITIES**

*КЛАССИФИКАЦИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
СУБЪЕКТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА
КЛАСИФІКАЦІЯ СОЦІАЛЬНИХ ЕФЕКТІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ
СУБ'ЄКТІВ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-022

Introductions

The urgency of the comprehensive study of the mechanism of the functioning of the subjects of the urban public transport sector is caused by the need to intensify their development on the basis of the creative implementation of the foreign experience of ecology and sustainable development as possible tools for meeting the needs of target social groups and ensuring sustainable development. It is the necessity to develop an adequate mechanism for implementing the ecological function of providers of public transport services, which determines the direction of the chapter.

The methodology for calculating the effectiveness of sustainable development measures requires clarification of the concept of “the effect of sustainable development measures”. This indicator is much more important for public transport entities that monitor the state of the environment and assess the level of implementation of the sustainable development goals. Modern governance views public transport entities and institutions as open systems whose effectiveness depends on many factors. However, for any combination of factors in the non-commercial market, an outcome is important and can have different socio-economic content and impact. The basic principle of sustainable development of public transport entities is the focus on the final result of the activity. It is the social effect that is the goal of public transport entities, the result of their activities, which is aimed at the benefit of the society as a whole or individual groups of the population and is not related to profit. Obviously, the goals of all functional areas of management of public transport entities, including sustainable development, should be subordinated to the goals of the system - to obtain a social effect. However, the results of sustainable development of public transport entities (PTE) may have elements of commercial effect: increase or decrease in financial resources, improvement or worsening of the image of the organization and their leaders, increase or decrease of the number of drivers and clients.



11.1. Nature of the category of “social effect”

Investigating the nature of the category of “social effect”, scientists consider it to be the difference between the results obtained and the costs incurred, as a certain result that has a social focus. According to D. Zakharchenko, the social effect complements the economic one and can be determined by the following indicators: reduction of unemployment benefits; increase of the social insurance fund and the pension fund; increasing labor productivity by improving working conditions; savings from reducing injuries and occupational diseases; saving money by reducing the time spent in outpatient treatment and hospitalization. The ecological effect is based on the results of ecological analysis and allows predicting the impact of the investment project on the environment, assessing the consequences and benefits, as well as developing measures to reduce or prevent negative impact on the environment [1]. In this case, the author mentioned above considers the concept of “general social effect” as the sum of social and environmental effects. We agree with him and other authors that PTEs are designed to strengthen civil society by protecting values, providing services, protecting and building civil society, and maximizing the social impact. However, the positive effect of the consumption of the offered products or services is not the only result of the sustainable activity of PTE. Thus, in Ye. Smirnova’s [2] dissertation research the positive influence of sustainable development on the growth of social and economic effects is substantiated.

11.2. The factors that affect social effect

In order to form a prognostic model of the effect of the PTE, it is necessary to consider the factors that affect this effect, and to identify among them the priorities that will affect it most significantly. In general, among the sustainable development results of public transport entities social effect as a result of non-commercial aspect of PTE and economic effect as a result of commercial aspect of PTE are distinguished, while the realization of economic effect is limited to the internal environment of PTE, and social effect is realized only in the external environment [3]. The economic effect is most often manifested in the form of profit and for public transport entities plays a supporting role, as it helps the development of non-profit activities.

In our opinion, commercial and non-commercial results should be distinguished



in the structure of PTE results, because, first, not all PTE are focused only on achieving social results (for example, political parties are interested in increasing the number of voters, increasing publicity, which is a non-commercial result), does not have a social color, but rather reflects the goals of the PTE). Secondly, not all commercial results of PTE are characterized by economic indicators, there are many results (e.g., improved image, visibility, number of new customers, lost drivers, number of dissatisfied customers, customer attitude to the brand, quality of goods or services compared to competitors, products competitiveness, satisfaction or dissatisfaction of consumers; consumer awareness of the brand), which are characterized by non-commercial, and non-monetary indicators. From these positions, we propose to consider the effect of sustainable development activities of the PTE as an increase in satisfaction and vulnerability of customers, managers and owners due to the implementation of sustainable development activities.

11.3. The classification of social effects

Summarizing the classification features of the effects that are covered in scientific papers, and supplementing them with their own, we propose a classification of the effects of the PTE.

According to the place of implementation in relation to the PTE, one can distinguish the effect obtained in the internal environment and applies to such groups as professional managers, board of directors, employees, experts, public representatives, members of the organization, and the effect obtained in the external environment (owners, representatives regulators, partners, suppliers, other PTEs, sustainable development firms, government agencies, customers, local people, activists, the public, and the media).

According to the complexity (the number of aspects that the effect reflects), it is possible to distinguish single (obtained in one area), complex effects (obtained in several areas) and synergistic (obtained as a result of synergy). The non-profit effect is not a financial, non-profit result of the PTE activity. In contrast, the commercial effect of the PTE is a monetary gain or income from the PTE.

The analysis of literature sources also confirmed the expediency of separating the time of implementation of strategic and tactical effects. Strategic effects are long-term effects (for example, the formation of determinants of the operating



environment and personal determinants), tactical effects are implemented for a relatively short period of time, such as a temporary change in behavior, experience, ideas, and values of consumers. In addition, it is important to take into account the characteristics of the effects depending on the scope of their origin, so we can distinguish technical and technological, social, political, environmental, managerial, economic, legal, and innovative effects of the PTE. Depending on whether the effects contribute to or harm (improve or worsen) certain aspects of the activity, the state of the PTE or society, they can be divided into negative and positive.

According to the scale of the manifestation H. Jermin [4] proposes to group the results into the following four categories:

- “tough” effects: improvements in health, education, environment, poverty reduction, crime reduction, and employment growth;
- group effects: increase of social contacts, understanding and tolerance to other people, collective (group) identity and pride, acquisition of skills of team work, and interpersonal interaction;
- social effects: participation in society, social identity and pride, active society, and local democracy;
- personal effects: increase of confidence, improvement of self-esteem, pleasure, display of artistic abilities, acquisition of skills, and formation of perspective.

Other researchers detail the personal effects as follows:

1. Development of personal skills in aspects such as confidence, motivation, teamwork, leadership, communication and public speaking, negotiation skills, numeracy and literacy;
2. Increasing personal knowledge about the environment, health, social issues, and society;
3. Development of personal practical experience: organize an event, involve members of the general public, conduct research, gain experience in arts and sports, teach or professionally train others, care for or take care of someone, use computer technology, manage projects, carry out business planning, gain experience fundraising, experience working with the media;

- social effects: raising awareness of the problem, new service or opportunity, improving the quality of life, improving the environment, reducing isolation, developing networks, increasing the pride of local people, strengthening ties within the society, better understanding of local history [5]. The social effects of PTE activities can be differentiated depending on the nature of social needs.



It is not necessary to equate the effect of the PTE and its sustainable development activities only with the social effect. Obviously, the results of the PTE will be social, as an important area of PTE is sustainable development, which aims to promote healthy lifestyles in society, reduce crime, protect the environment and social mobilization, but should not offset other results which are not social in nature but important for both society and the PTE.

It should be noted that the current legislation of Ukraine does not disclose the content of the social effect, but in some documents the concept of social effect is mentioned in the context of socially beneficial effect. Analysis of the researchers concluded that the essence of the social effect is the costs and benefits of society as a result of PTE, which can take the form of changes in attitudes, values, beliefs and behavior of other members of society and reflect the PTE's contribution to well-being. Scientists in [6] argue that the concept of social effect is closely related to the concept of "social development", which is considered to be the ability of society to meet the basic human needs of citizens, provide resources that enable citizens to improve their lives and create conditions for individuals and groups so that they can realize their full potential.

11.4. The method for estimating the social effects

It is important to find a method for estimating the effects of public transport entities in order to determine their development vectors. Thus, with regard to the PTEs in the field of health, education, culture and social protection of the state form of ownership, the non-commercial and social result is taken into account, but the non-commercial and social effects of public and political parties have not been considered. Thus, among the indicators of public organizations one can name the number of mass events, implemented social projects, publications (including in electronic format), completed government orders, and the amount of funds. Thus, the methodology of state statistical observations of Ukraine does not single out the effect of PTEs in the context of all areas, which does not allow assessing and comparing their impact on society and meeting public needs. In addition, it is necessary to determine the role of system elements and sustainable development factors in the growth of the social effect of PTEs.



11.5. Sustainable development factors that most significantly affect the performance of public transport entities

The analysis of works of domestic and foreign scientists allowed us to single out the following sustainable development factors that most significantly affect the performance of public transport entities: sustainable development costs for the year, the organization's experience in sustainable development, turnover, level of implementation of sustainable development management functions, the level of driver satisfaction, the average monthly salary of employees in the field of sustainable development, the share of employees in the field of sustainable development in the total number of staff.

1. The share of sustainable development costs in the cost structure of the PTE. Due to the different financial capacity, the sustainable development costs of commercial and non-commercial entities also differ significantly. Thus, according to our research, on average, active PTEs of developed countries spend from 2-3% to 10% of the budget on sustainable development and fundraising, although this figure may differ depending on the field of activity. At the same time, it is likely that with the increase in sustainable development costs, the PTE's ability to attract additional funds, drivers and find new customers will increase. To a large extent, the amount of sustainable development costs depends on the legal field of a particular country: Such costs will be higher in countries where certain preferences are legally established for the formation of the cost structure of public transport entities depending on their financial capacity;

2. The experience and size of the organization also affect the effectiveness of the PTE. This may be evidenced by the requirement to have experience in the field for a certain number of years (usually 3-5 years) of grant providers to PTE recipients of grants;

3. Circulation of funds of public transport entities. Obviously, with a large budget, you can implement more projects, provide services to more customers, achieve greater results. The low financial capacity of domestic organizations is a fact that is noted from year to year by international research organizations;

4. The level of implementation of sustainable development management functions. The effectiveness of sustainable development activities depends on how integrative is the function of sustainable development in the management system of a non-profit organization. It has to do with leadership and information issues. One



generation of PTE managers is changing another, there is a need for new PTE leaders who will have much wider range of competencies, including sustainable development, market development, fundraising, operations and human resources management;

5. The average monthly salary of sustainable development staff and the level of satisfaction of drivers who carry out sustainable development activities also affect the performance of the PTE, as they reflect the level of development of the motivational function in the management system of the PTE.

6. The share of sustainable development employees in the total number of staff. Effective sustainable development activities are based on sufficient staffing, which is formed by permanent employees and drivers. With this in mind, it would be reasonable to assume that there is a relationship between the number of employees or drivers involved in sustainable development or time spent on sustainable development activities, and the effectiveness of sustainable development activities as a factor in shaping the effect of PTE in general.

Conclusions

Thus, the increase in the impact of PTEs may be due hypothetically to the following factors: the proportion of sustainable development staff to total staff, sustainable development costs per year, the organization's sustainable development experience, average monthly salaries of sustainable development staff, level of satisfaction of drivers engaged in sustainable development activities, turnover of the organization, and the share of sustainable development activities performed in the framework of cooperation.

Prospects for further scientific research in this area are the study of vectors of communication activities of urban public transport services providers.

**KAPITEL 12 / CHAPTER 12.****MODELING VARIABILITY OPERABLE STATE OF VEHICLE TO INCREASE TRAFFIC SAFETY USING THE METHOD OF FUNCTIONAL RESONANCE ANALYSIS**

*МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗОНАНСНОГО АНАЛИЗА
МОДЕЛЮВАННЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РЕЗОНАНСНОГО АНАЛІЗУ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-030

Introduction

Successful management of the transport process can be implemented by identifying the influence of factors on the effectiveness of its implementation and determining the patterns of occurrence of causes that can negatively affect it. The issues of monitoring the safety of the movement of vehicles during the implementation of the processes of cargo delivery and passenger transportation are relevant and require their solution using modern scientific methods. The functional resonance analysis method (FRAM) is used to study complex sociotechnical systems. It was created and described by Eric Hollnagel, who noted that complex technical systems contain a large number of subsystems and components, the variability of which is usually absorbed by the system with minimal impact on the overall system. The main sources of this variability are people, technology and organization, which ensures the serviceable state of the technique.

Hollnagel stated that, since these elements are not linearly connected to each other, they can lead to the accidents. When the variations of the components become too large for the system to absorb, then the result becomes unfavorable or random. This concerns the functional resonance effect arising from a situation where the system is not able to function in normal operation due to changes in its daily productivity.

A model of the FRAM describes the ability of the functions of the system components of a vehicle to resonate and create hazards during its operation that can get out of control and cause accidents or accidents due to the low level of functioning of the vehicle maintenance and repair system.

The FRAM [1] supports a system analysis process aimed at identifying interdependencies and system behaviors that are potentially important for a tool which focuses on the interdependence of the process and its dynamics. This is a



method of modeling complex organizational and technical systems obtained by the theory of sustainable health [2], which relates to how to achieve success of the technical system by adapting it to difficult conditions [3]. Recent documents have shown the use of FRAM to understand the legal implementation of guidelines of management the efforts to achieving security [4]. The method of functional resonance analysis involves the identification of functions (technological, human or organizational activities) in the in the day-to-day operation of a technical system [5-6].

The purpose of the paper is to simulate, on the basis of the FRAM, the process of control over the safety of the vehicle movement in a result of changes of its technical condition, which affects the deterioration of its steerability, stability and smoother running characteristics during operation.

12.1. Characteristic of FRAM functional units of transport process

The activity of the FRAM is to record the influence of the technical condition of the chassis of the vehicle on the change in its operational properties and traffic safety from a system point of view.

Using the FRAM takes a systematic perspective, which means that the analysis cannot be limited to a certain part of the socio-technical system, but it should consider a broader picture when the organization of the control process is considered as a whole, and not as maintenance and assembly of components of the vehicle's chassis [7-8]. The method analyzes the organization of the traffic safety control process as a socio-technical system, where the technology is embedded in the social context and develops, tests, launches and maintains a serviceable technical condition of the vehicle.

Thus, the output of the function can be an input, a prerequisite, or even a forced control aspect of one or another function of the system (Table 1). This process can lead to the identification of possible sources of attenuation for undesirable variability. For example, if the resources for a certain function are evaluated as “more than necessary”, this may indicate the existence of a “spare system”, which can act as a damper barrier to ensure the safety of the vehicle. Research process of possible connections between functions in order to identify both potential undesirable sources of variability and barriers is called an instance of FRAM (i.e., direct proximity).

Table 1

Characteristics of FRAM functional units

Parameter	Symbol	Description
Input	<i>I</i>	Input information (or input data) that characterizes a function in the system's functioning. These are links to previous functions. Input data runs the execution or action of a function.
Output	<i>O</i>	The result of the function (output). Provides links to further functions. Represents the result of changing the technical condition of the system elements (vehicle).
Time	<i>T</i>	The time, which is required for processing (preparation, diagnosis, maintenance of system elements) by functional subsection or subsystem.
Control	<i>C</i>	Limitations, methods and procedures of control. They determine how the function transmits technical data and/or is monitored.
Preconditions	<i>P</i>	System conditions which determine the conditions of functioning and which must be provided before function execution.
Resources	<i>R</i>	Resources that are needed or used during the processing of a function or operation of system elements (vehicle).

12.2. Modeling variability operable state of vehicle

To achieve this goal, the technical support of Resilience DS software is used [9]. Such a tool allows you to simulate the socio-technical system "Person-Car-Organization of maintenance and repair system" and form formal models to constantly evaluate the effectiveness of the functioning of the system of technical maintenance and repair of vehicles and improve their operating conditions.

Data collection for simulate by FRAM was carried out in three different stages. At the first stage, in the spring of 2019, a two-day visit to the technical service station in the city Dnipro was organized, where technical maintenance of branded vehicles, in particular passenger cars, is carried out. During the visit, there was made the familiarization of the process of organization the maintenance of vehicles in specific conditions. The second stage of data collection was to conduct a seminar, which was attended by researchers, a contact person and employees involved in the process of preparation and execution vehicles maintenance. The purpose of the seminar was to discuss, revise and update the previous FRAM model, developed on the basis of information collected during a visit to the branded technical service station and



official documentation. The seminar helped researchers identify some of the functions of the system and determine their aspects (input, output, control, preconditions, time and resources to ensure the serviceable technical condition of vehicles).

The collected data was used to develop by FRAM of a vehicles maintenance model, consisting of a set of functions that describe the actions taken to their service and to ensure their serviceable technical condition.

In our study, to ensure the safe movement of a vehicle during its operation, it is necessary, without fail, to conduct periodic technical impact on its chassis, which consists in: diagnostics; checking the condition of shock absorbers, springs, support cups, brake blocks, discs, hoses, backlash in ball bearings and steering tips, silent blocks; adjustment and replacement of wheel bearings; checking the wheel alignment; checking the condition of the car tire and monitoring its resource (Fig. 1). All this affects the operational properties of vehicles during their activity: stability, controllability, fuel efficiency. So, when the resource of a car tire approaches its limit state, the probability of a traffic accident increases [10-11]. In fig. 2 shows function of vehicle for FRAM. In fig. 3 shows a diagram of the chassis and the impact of its technical condition on the operational properties of a vehicle.

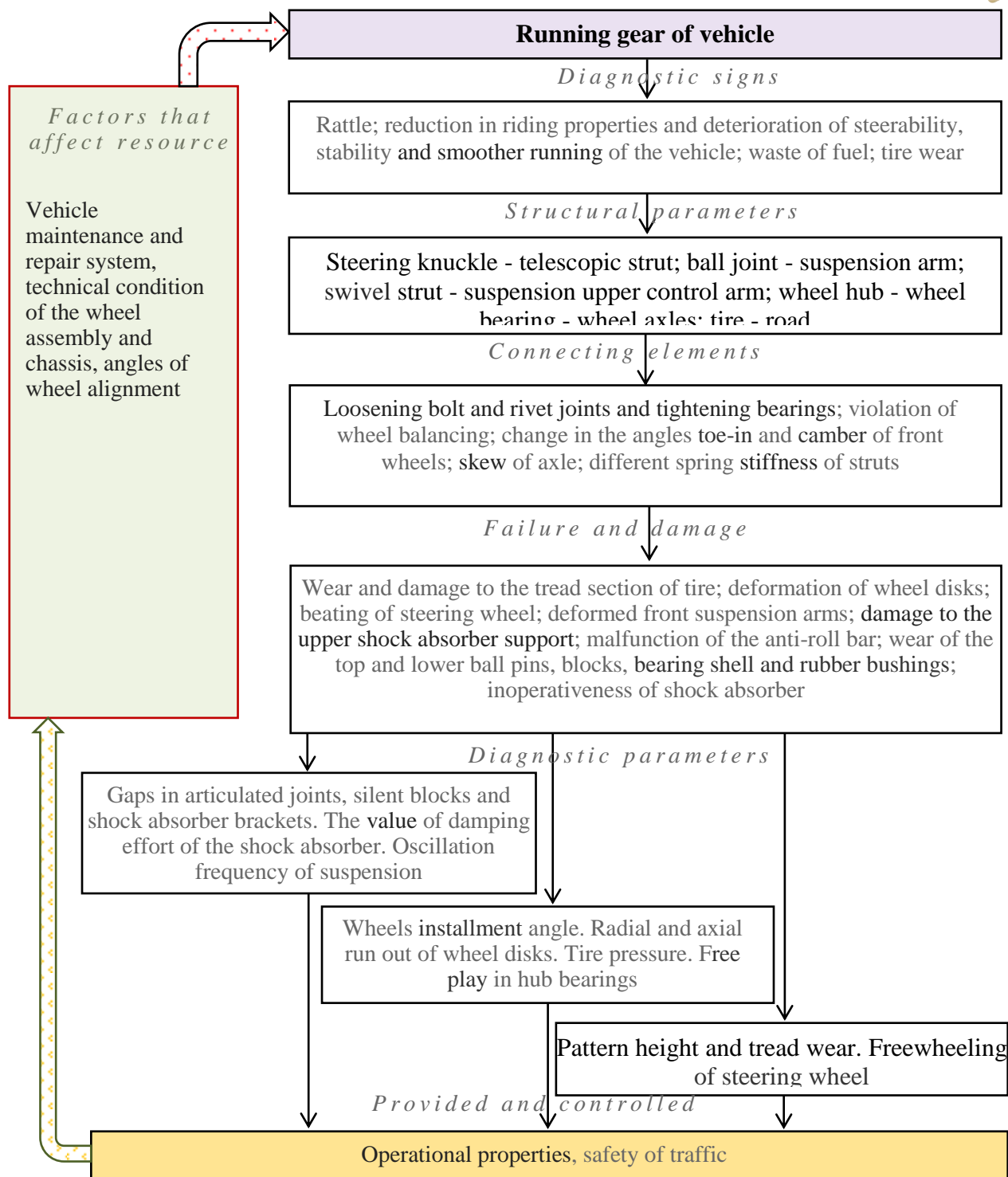


Figure 1. Structural and investigative model of the running gear of a car

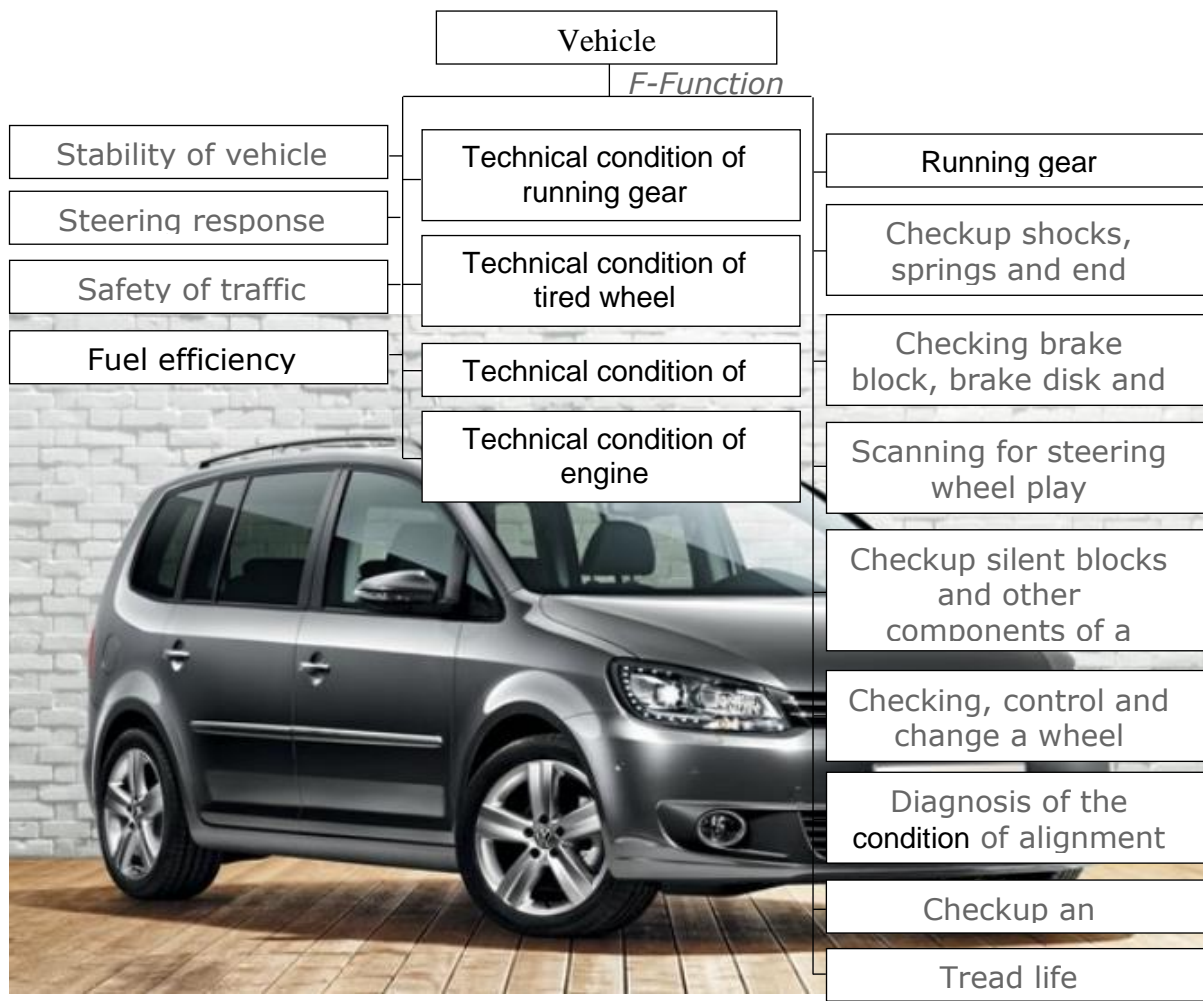


Figure 2. Function of a car for FRAM

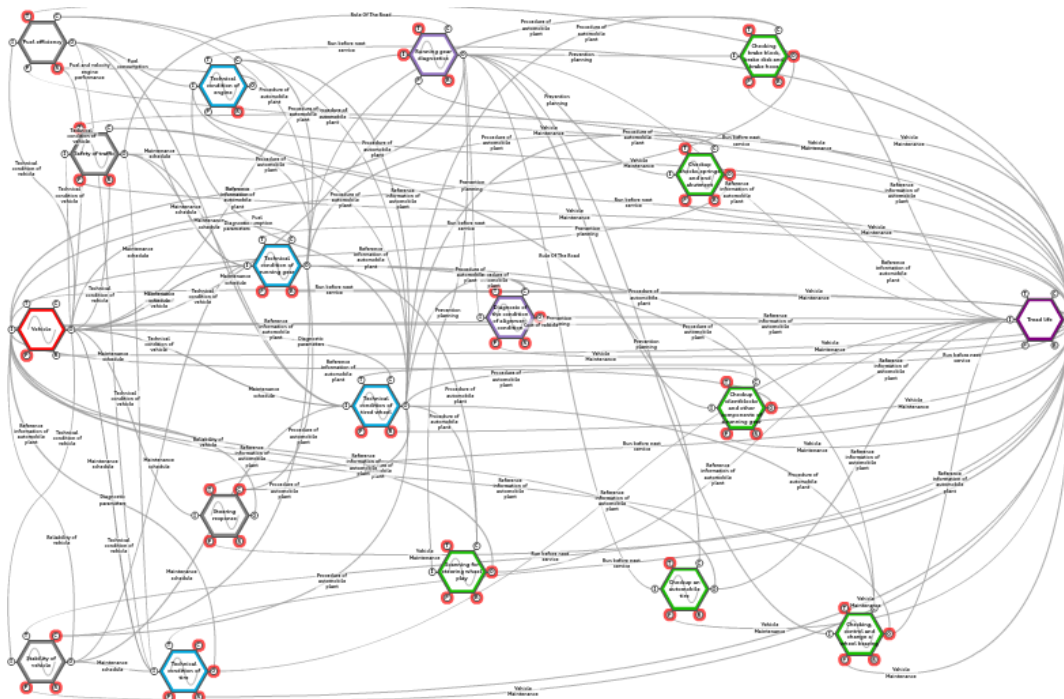


Figure 3. Functional Resonance Analysis Method simulation of the traffic safety control of the vehicle due to changes in its technical condition during operation



Conclusions

Using the method of functional resonance analysis to simulate the influence of the technical condition of the chassis of a vehicle on its operational properties showed that one of the important elements for the effective implementation of the transport-technological transportation process is the a serviceable technical condition of vehicles, which carries out delivery of cargo and transportation of passenger. High-quality maintenance of vehicles, taking into account modern approaches to new generation technologies, ensures the safety of the transportation process. Simulation the influence of the technical condition of the chassis on the service properties of a vehicles using method of functional resonance analysis clearly revealed that its maintenance is a complex type of human activity and requires new approaches to new generation technologies (new generation vehicles are hybrids, electric, autonomous). The FRAM model gave an idea of how successful and high-quality maintenance of vehicles depends on the complex interaction of several of its components working in the technical system. The interconnections are so complex that they are almost impossible to apprehend. Thus, the important socio-technical mechanisms of the "Person-Car-Organization of a maintenance and repair system" system regulate the communication between the functions of this system. They can be:

- a) The informal control mechanisms;
- b) The human control mechanisms;
- c) A new generation vehicle maintenance technologies or specific tools such as monitoring the technical condition of the main units of vehicles;
- d) The technological process of vehicle maintenance and diagnostics (both general and element-wise) and
- e) The instructions and regulations for the repair team workers and similar documents.



KAPITEL 13 / CHAPTER 13.
**DETERMINATION OF ROUTES IN THE COMPUTER NETWORK OF
RAILWAY TRANSPORT BASED ON ANT ALGORITHM**
*ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРШРУТОВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА*
*ВИЗНАЧЕННЯ МАРШРУТІВ В КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-039

Вступ.

Постановка проблеми. Сьогодні на залізничному транспорті України впроваджена інформаційно-телекомунікаційна система (ІТС), основу якої складають комп'ютерні мережі. Основним питанням при функціонуванні яких залишається організація маршрутизації, що досягається використанням протоколу OSPF, але реалізація якого в реальному часі викликає певні труднощі. Вирішення цього питання можливо при організації маршрутизації в комп'ютерних мережах ІТС залізничного транспорту на основі методів штучного інтелекту [10], що потребує проведення відповідних досліджень.

Аналіз наукових досліджень. У загальні пошуком оптимального маршруту в комп'ютерній мережі з використанням нейромережної технології займалися наступні вчені: Bastos-Filho C. J. A., Hopfield J. J., Oliveira A. L. I., Schuler W. H., Коваленко Т. А., Колесніков К. В., Павленко М. А., Штовба С. Д. та ін. Першу таку спробу здійснив Hopfield J. J. для розв'язання задачі комівояжера [15], пізніше для визначення оптимального маршруту в комп'ютерній мережі використовувалась не тільки мережа Хопфілда [7, 12, 20], а також інші нейронні мережі [1-4, 16-19]. Павленко М. А. виконав аналіз можливостей нейронних мереж: мережі Хопфілда, багатошарового перцептронну, мережі RBF в комп'ютерній мережі із п'яти маршрутизаторів [6]. Визначено, що найбільш перспективним є мережа Хопфілда, але необхідні дослідження передавальних функцій нейронів і функції енергії нейронної мережі [7]. У свою чергу, нечіткі нейронні мережі покликані поєднати в собі переваги нейронних мереж і систем нечіткого висновку, зокрема Коваленко Т. А. в роботі [2] здійснила визначення оптимального маршруту в комп'ютерній мережі на основі нейронечіткої мережі, у якості результуючої характеристики взятий час проходження пакета маршрутом. Стосовно комп'ютерних мереж ІТС залізничного транспорту для організації маршрутизації авторами раніше проведені дослідження на основі багатошарового перцептронну [17-18] та нейронечіткої мережі [19], але до



штучного інтелекту відносяться також мультиагентні методи інтелектуальної оптимізації. У роботах [4, 9, 11] пропонується рішення задачі маршрутизації в комп'ютерній мережі з використанням генетичного алгоритму, але вже відомо, що його використання потребує значного часу виконання [9].

Метою роботи є розробка методики визначення маршрутів у мережі ІТС залізничного транспорту на основі використання мурашиного алгоритму.

13.1. Постановка задачі

Розглянемо фрагмент комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту, що представлений на рис. 1.

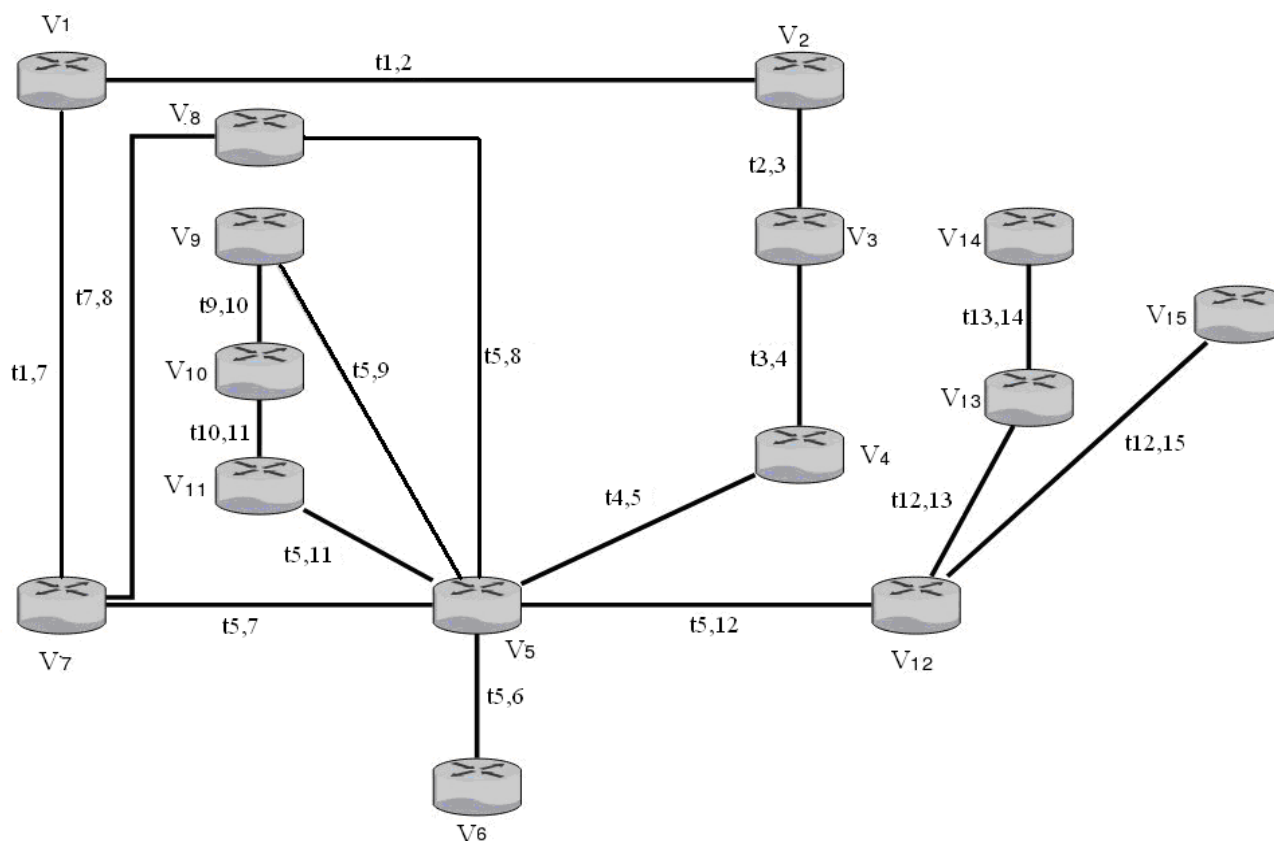


Рис. 1. Граф з'єднань маршрутизаторів комп'ютерної мережі ІТС

Авторська розробка

Мережу ІТС залізничного транспорту можна представити як зважений граф $G(V, W)$, де V – множина вершин графа, кількість яких дорівнює B ($B=15$), причому кожна вершина моделює собою вузол (маршрутизатор) мережі; W – множина ребер графа, кожне ребро моделює зв'язок між вузлами, кількість



ребер графа дорівнює M ($M=17$). Кожному ребру графа присвоєна певна вага t_{ij} . Оскільки час передачі по каналу мережі значно менший, то як вагу доцільно використати час затримки на маршрутизаторі під час передачі даних від i -го до j -го маршрутизатора комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту, мкс.

Необхідно визначити кістякове дерево комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту, тобто знайти такий граф $G'(V',W')$, де $V' \in V$ і $W' \in W$, крім того

$$\sum_{(i,j) \in W'} t_{i,j} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Побудова такого дерева корисна під час розповсюдження повідомлень, що адресовані всім вузлам мережі ІТС залізничного транспорту, наприклад, керівних повідомлень від основного вузла, тоді вага всього кістякового дерева – це вартість передачі повідомлення всім його вузлам.

13.2. Математичний апарат

У якості основного методу розв'язання задачі взято мурашиний алгоритм, автором якого є Марк Доріго [14]. Ймовірність переходу k -ї мурахи від i -го маршрутизатору до j -го маршрутизатору мережі ІТС залізничного транспорту на t -й ітерації розраховується за наступним правилом [13]:

$$P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_i^k} [\tau_{il}(t)]^\alpha \times [\eta_{il}]^\beta}, & \text{якщо } j \in J_i^k \\ 0, & \text{якщо } j \notin J_i^k \end{cases}, \quad (2)$$

де $\tau_{ij}(t)$ – кількість феромону між маршрутизаторами комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту залишеного за час t ; $\eta_{ij}(t)$ – видимість, причому $\eta_{ij} = 1/D_{ij}$, де D_{ij} – відстань між маршрутизаторами i та j ; α і β – регульовані параметри, які є вагами інтенсивності сліду феромону та видимості.

Після завершення маршруту кожна мураха k відкладає на ребро (i, j) таку кількість феромону [13]:



$$\Delta \tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L^k(t)}, & \text{якщо } (i, j) \in T^k(t) \\ 0, & \text{якщо } (i, j) \notin T^k(t) \end{cases} \quad (3)$$

де $T^k(t)$ – маршрут, зроблений мурахою k на ітерації t ; $L^k(t)$ – його довжина.

Крім того, потрібно забезпечити випаровування феромону – це зменшення кількості відкладеного на попередніх ітераціях феромону. Інтенсивність випаровування феромону задається за допомогою коефіцієнта випаровування $\rho \in [0,1]$. Кінцеве правило оновлення феромону, яке стосується всіх ребер, приймає вигляд [13]:

$$\tau_{ij}(t+1) \leftarrow (1-\rho)\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t), \quad (4)$$

де $\Delta\tau_{ij}(t) = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t)$; m – кількість мурах в колонії.

У [5] проведені дослідження модифікацій (елітної стратегії та стратегії із ранжуванням) з класичним мурашиним алгоритмом, а також запропоновано стратегію королеви, до переваг якої відносяться: менша довжина шляху та кількості ітерацій; можливість визначення перенасичення графа агентами.

13.3. Загальна характеристика програмної моделі ACS_ Queen

Програмна модель ACS (Ant Colony System), що написана на MatLAB для визначення в залізничній мережі маршрутів потягів [8], модифікована щодо визначення маршрутів повідомлень в комп'ютерній мережі ІТС з використанням стратегії королеви [5]. Загальна структура відповідної програмної моделі ACS_Queen представлена на рис. 2.

Початкові дані програмної моделі: кількість маршрутизаторів комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту – 15; затримки на маршрутизаторах; кількість мурах у колонії – 100; параметри мурашиного алгоритму ($\alpha=1$; $\beta=1$; $\rho=0.5$). У якості результату: побудова кістякового дерева мережі ІТС та його загальна вага (сумарна затримка на маршрутизаторах).

Апробація програмної моделі. Результат роботи програмної моделі ACS_Queen (рис. 3) співпадає з кістяковим деревом комп'ютерної мережі ІТС



залізничного транспорту, який побудований за алгоритмом Крускала при вказаних затримках на маршрутизаторах, та представлений на рис. 4 (вартість 15949 мкс), що доказує вірність роботи створеної програмної моделі.

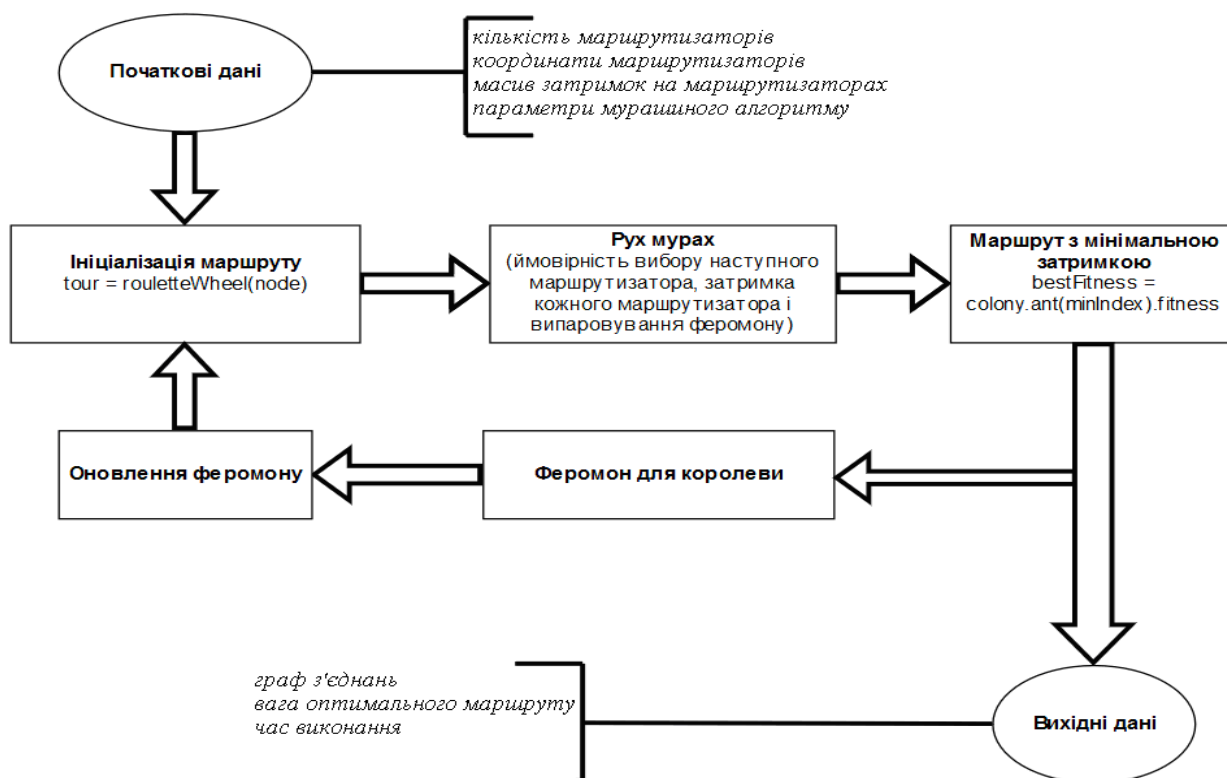


Рис. 2. Загальна структура програмної моделі ACS_Queen

Джерело [8] та його модифікація на основі використання [5]

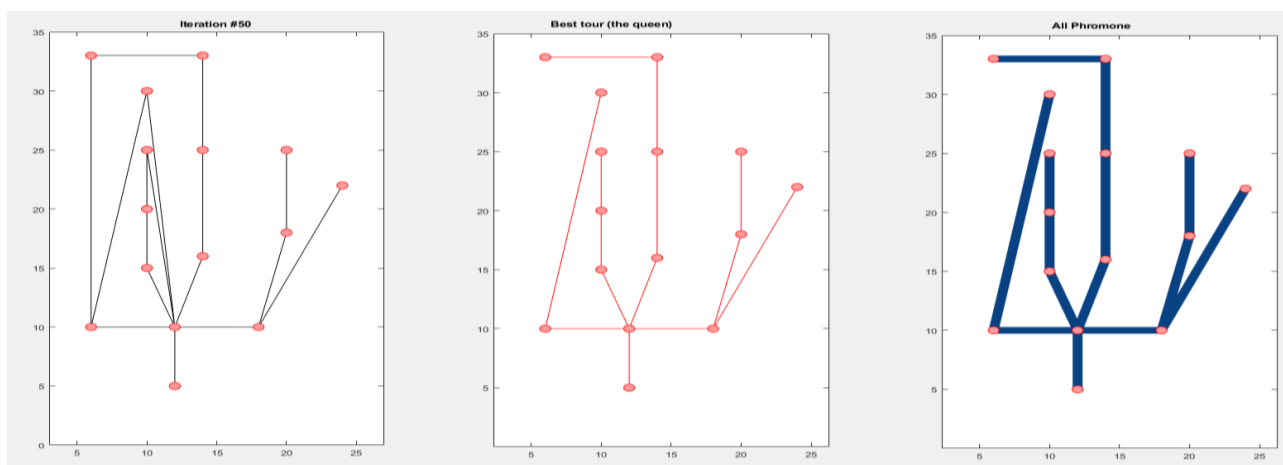


Рис. 3. Побудова кістякового дерева комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту на програмній моделі ACS_Queen

Джерело [8] та його модифікація на основі використання [5]

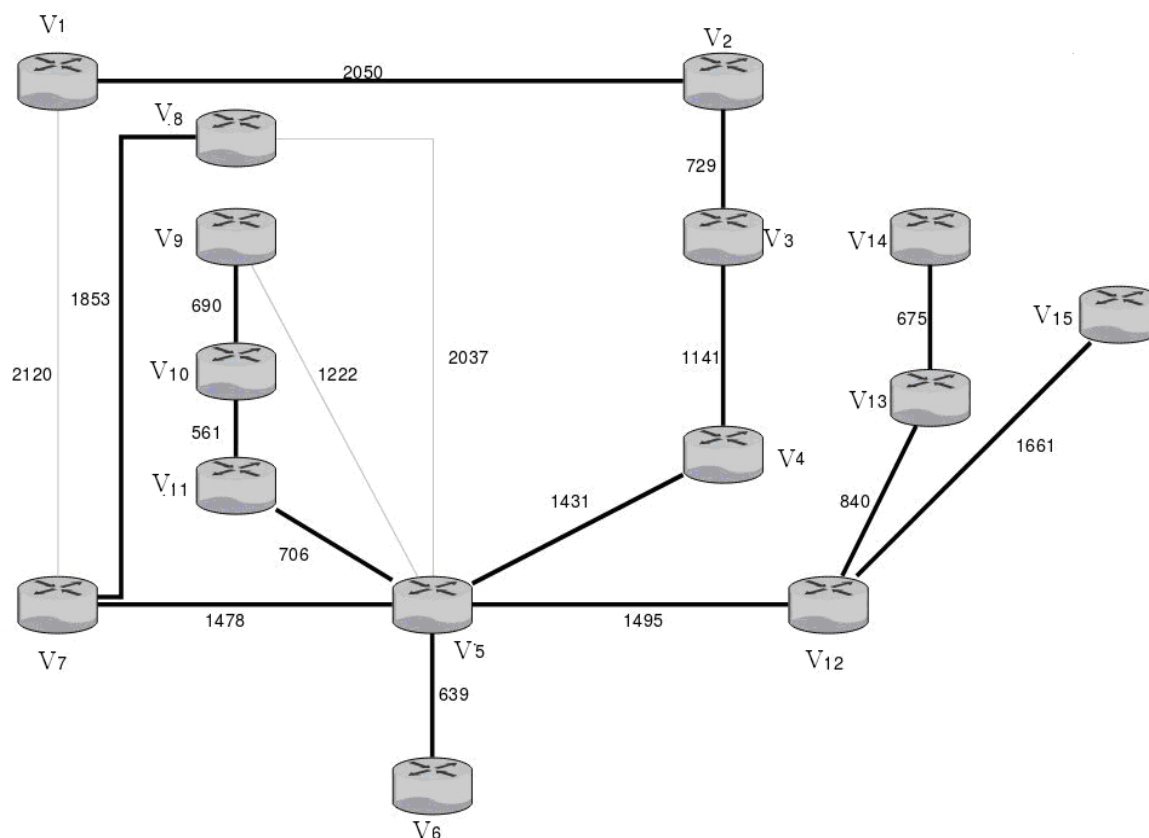


Рис. 4. Побудова кістякового дерева комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту за алгоритмом Крускала

Умовні позначення: відображення кістякового дерева напівжирною лінією; числові значення затримок в мкс

13.4. Результати дослідження

На програмній моделі ACS_Queen проведено дослідження побудови кістякового дерева комп'ютерної мережі ІТС залізничного транспорту за ітераціями при різній кількості мурах (15, 50, 100, 150, 200) та різного значення коефіцієнту випаровування, у якості прикладів наведені рис. 5–6. Із рис. 5 видно, що час визначення кістякового дерева мережі ІТС (кількість ітерацій) залежить від кількості мурах у колонії: близькі результати отримані з використанням колоній із 100, 150 та 200 мурах на п'ятій ітерації при $\rho=0.5$, тобто достатньо мати колонію із 100 мурах. Із рис. 6 видно, що у даному випадку також достатньо мати колонію із 100 мурах, але оптимальне рішення досягнуто вже на четвертій ітерації при $\rho=0.2$, тобто зменшення значення коефіцієнту випаровування феромону призведе до меншої кількості ітерацій.

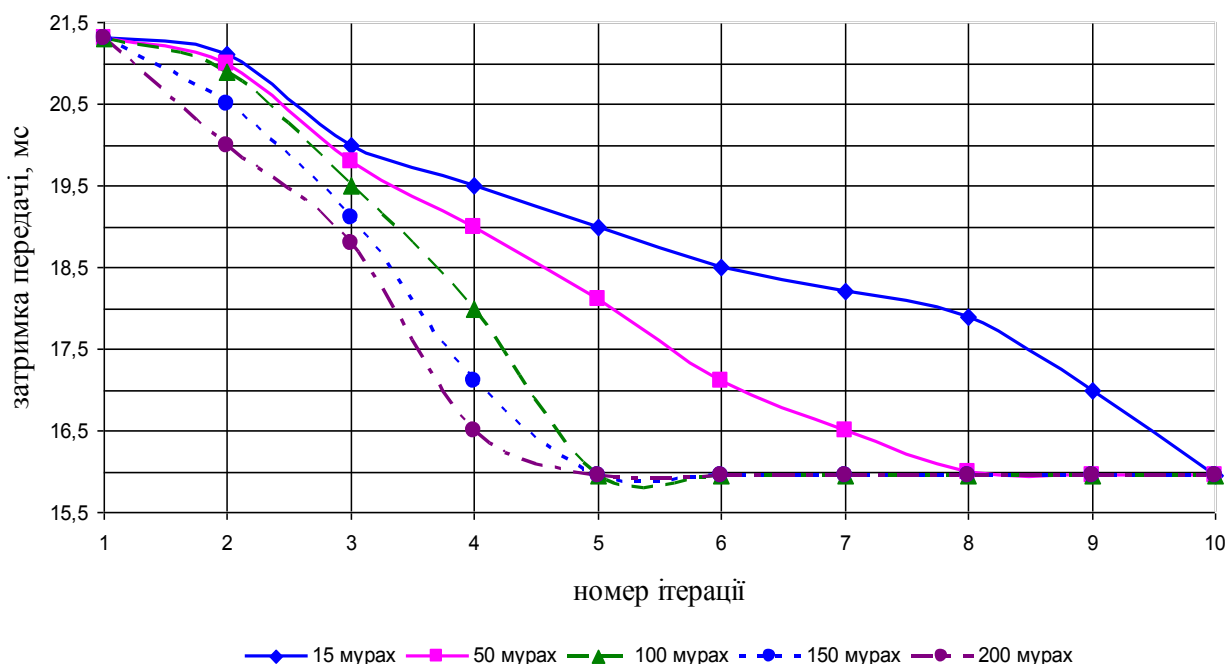


Рис. 5. Дослідження затримки передачі за ітераціями при $\rho=0.5$

Авторська розробка

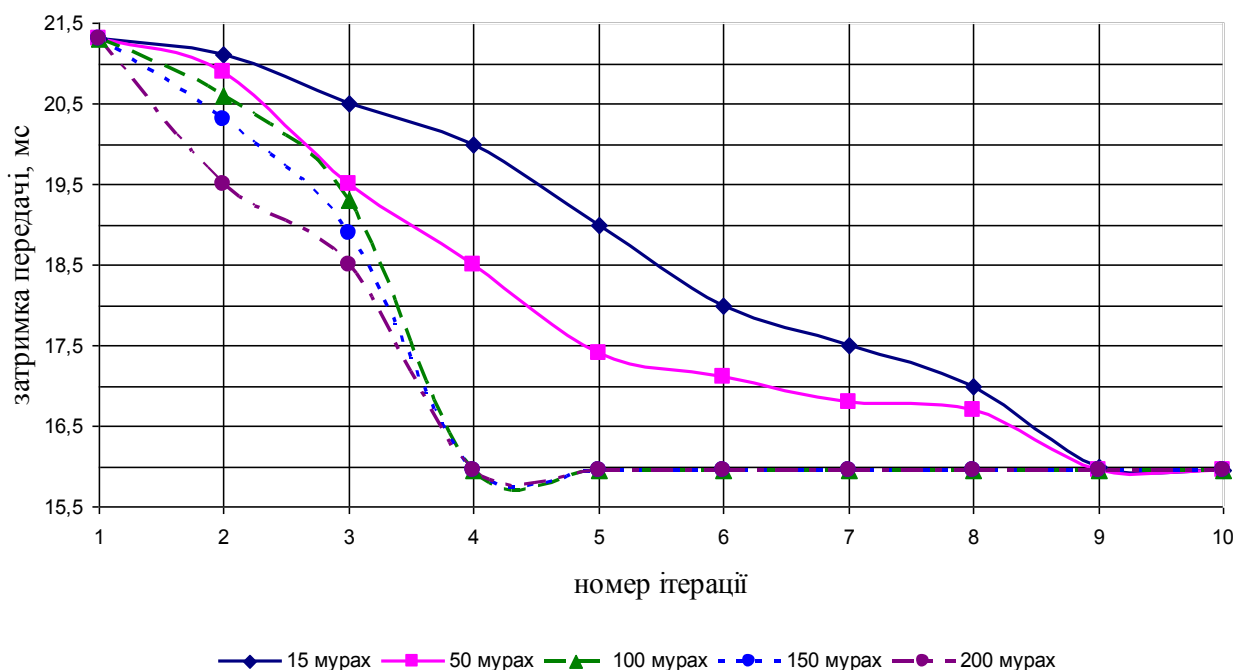


Рис. 6. Дослідження затримки передачі за ітераціями при $\rho=0.2$

Авторська розробка

Висновки

1. У [5] представлені результати дослідження класичного мурашиного алгоритму та його модифікацій: елітної стратегії; стратегії із ранжуванням; стратегії королеви, до переваг останньої відносяться: менша довжина шляху та кількості ітерацій, а також визначення перенасичення графа агентами.



2. Для визначення маршрутів передачі керівних повідомлень від основного вузла в комп'ютерній мережі ІТС залізничного транспорту модифікована (на основі використання стратегії королеви) програмна модель ACS для визначення в залізничній мережі маршрутів вантажних потягів, на вхід якої подаються: кількість маршрутизаторів комп'ютерної мережі; масив затримок на маршрутизаторах; параметри мурашиного алгоритму. Результат роботи відповідної програмної моделі ACS_Queen співпадає з кістяковим деревом мережі ІТС, який побудований за алгоритмом Крускала.

3. На програмній моделі ACS_Queen проведено дослідження затримки передачі за ітераціями при різній кількості мурах та різного значення коефіцієнту випаровування. Визначено, що для розглядаємого фрагменту ІТС залізничного транспорту достатньо мати колонію із 100 мурах та отримати кістякове дерево комп'ютерної мережі ІТС на п'ятій ітерації, але зменшення значення коефіцієнту випаровування призведе до меншої кількості ітерацій.

4. У [18] знайдені маршрути передачі керівних повідомлень в комп'ютерній мережі ІТС залізничного транспорту з використанням багаточарового перцептрон, що потребує значного часу для його навчання, в зрівнянні з мурашиним алгоритмом. У подальшому доречно провести дослідження інших мультиагентних методів інтелектуальної оптимізації для визначення маршрутів у комп'ютерній мережі ІТС залізничного транспорту.



KAPITEL 14 / CHAPTER 14.
**METHODS FOR DETERMINING QUANTITY AND QUALITY OF
PARAMETERS BY INFORMATION MODEL OF A STRUCTURE TO
ENSURE RELIABILITY**

*МЕТОДИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ПАРАМЕТРОВ
ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ*
*МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ТА ЯКОСТІ ПАРАМЕТРІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ
МОДЕЛІ СПОРУДИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-063

Вступ

Будівництво - це галузь народного господарства, яка постійно розвивається. В останні десятиліття при проектуванні і будівництві застосовуються нові інформаційні технології.

В сучасних умовах проектної індустрії при будівництві, необхідно виконати не просто проект споруди, а модель яка містить повну інформацію про об'єкт, вона використовується протягом усього життєвого циклу. Така модель повинна бути повноцінною віртуальною копією споруди, з геометричними і технічними характеристиками конструкцій, будівельних матеріалів, технологічного обладнання та інструкцій, щодо забезпечення надійності під час усього життєвого циклу споруди.

Основною відмінністю ВІМ від інших видів проектування є збір і комплексна обробка всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної, експлуатаційної та іншої інформації про будівлю в єдиному інформаційному середовищі (ВІМ-моделі) [1]. При цьому всі елементи моделі є взаємопов'язаними і взаємозалежними, що, по суті, наділяє модель фактором реалістичності (наближеності до реальної будівлі і реальної ситуації). При цьому об'єм інформації про об'єкт зростає на кожній стадії проектування та життєвого циклу (Рис. 1). Це призводить до формування великих розмірів файлів, що у майбутньому призведе до неможливості використання таких моделей при експлуатації, а саме забезпечення надійності споруди під час експлуатації і є першочерговим завданням всього проектування. Тому до визначення оптимальної кількості інформаційних параметрів моделі необхідно підходити з великою обережністю, ми не повинні втратити важливу інформацію при зменшенні загального її об'єму, що в свою чергу зумовлює актуальність поставленої задачі. Саме вирішенню задачі визначення кількості та якості інформації в інформаційній моделі споруди присвячена дана робота з



використанням загальних принципів обробки та зберігання інформації [2, 4].

Рівні деталізації елементів інформаційної моделі (LOD) є одним з найбільш важливих компонентів технології інформаційного проектування. У різних країнах різні спеціалісти використовують різні терміни, що пов'язані з рівнем деталізації: "Level of Detail", "Level of Development", "Level of model Definition", "Depth of Detail" та ін.

У загальному випадку рівень деталізації LOD (1) визначає повноту опрацювання елемента інформаційної моделі. Він визначає, яку кількість графічної і неграфічної (атрибутивної) інформації потрібно для конкретного елемента інформаційної моделі на певному етапі її розвитку.

$$\text{LOD} = \text{LOD G} + \text{LOI} \quad (1)$$

LOD G (Level of Model Detail Geometry) - рівень деталізації BIM-моделі, графічного контенту, геометричні дані.

LOI (Level of Model Information) - рівень деталізації інформації.



Рис. 1. Рівень деталізації BIM моделі та стадії проектування [1]

Для розуміння концепції LOD також важливо враховувати, що елементи моделі в рамках процесу інформаційного моделювання прогресують з різною



швидкістю. Це перш за все пов'язано з тим, що всі розділи проекту не можуть одночасно почати розроблятися. Звідси випливає, що поняття LOD може бути застосоване лише до окремих елементів моделі, але не до моделі в цілому і, відповідно, LOD не може строго відповідати певній стадії проекту.

Для організації процесу планування BIM проекту, здійснення 3D координації та передачі необхідної інформації для вирішення основних проектних завдань було визначено п'ять базових рівнів деталізації елементів інформаційних моделей: LOD100, LOD200, LOD300, LOD400 і LOD500.

Загально прийнятий орієнтовний рівень деталізації BIM моделі [1], що використовується на різних стадіях проекту:

– LOD 100 (Концепт) - модель представлена у вигляді об'ємних елементів з приблизними розмірами, формою і орієнтацією.

– LOD 200 (Передпроектні рішення) - модель представлена у вигляді об'єкта або збірки, з приблизними розмірами, формою, положенням у просторі, орієнтацією і комплексу необхідної неграфічної інформації.

– LOD 300 (Стадія П) - модель представлена у вигляді об'єкта або збірки, що належить конкретній системі будівлі з точними розмірами, формою, положенням у просторі, орієнтацією, зв'язками і комплексу необхідної неграфічної інформації.

– LOD 400 (Стадія РД) - модель представлена у вигляді точної збірки з детальними розмірами, формою, положенням у просторі, орієнтацією, чіткими зв'язками, даними по виготовленню і монтажу, а також іншою необхідною неграфічною інформацією.

– LOD 500 (Експлуатація) - модель представлена у вигляді точної збірки з фактичними розмірами, формою, положенням у просторі, орієнтацією і неграфічною інформацією достатньою для передачі моделі в експлуатацію.

Для кожного LOD були також рекомендовані основні напрями використання інформаційних моделей LOI, для яких необхідно визначити рівень важливості, повноти та адекватності інформації.

14.1. Шляхи визначення важливості інформації

Під час проектування будь-якої конструкції з використання технологій



інформаційного моделювання інженеру необхідно вирішувати питання пов'язані з визначенням кількості параметрів, їх виду та часом використання. Використання великої кількості параметрів окремих елементів призводить до збільшення строків проектування та об'ємів машинної пам'яті для зберігання й обробки таких файлів [3, 5]. Але зменшення об'єму інформації може призвести до неякісного виконання проекту та нівелюванню всіх переваг інформаційного моделювання. Далі наведено методику визначення мінімальної кількості інформації, щодо елементів конструкції причалу типу тонкої стінки. Для побудови методики будемо використовувати загальні підходи до визначення якості інформації при її комп'ютерній обробці (інформатиці) [1].

Для визначення оптимальної кількості інформації (параметрів елементів) слід приділити увагу наступним показникам, як важливість, повнота та адекватність інформації.

Важливість інформації (параметру) є узагальнений показник, що характеризує, з одного боку, важливість інформації з точки зору тих завдань, для вирішення яких використовується, а з іншого - з точки зору організації обробки (зберігання та використання). Іншими словами, важливість інформації будемо оцінювати, за двома групами критеріїв: за призначенням інформації та за умовами її обробки. Структуру цих параметрів наведено на Рис. 2.

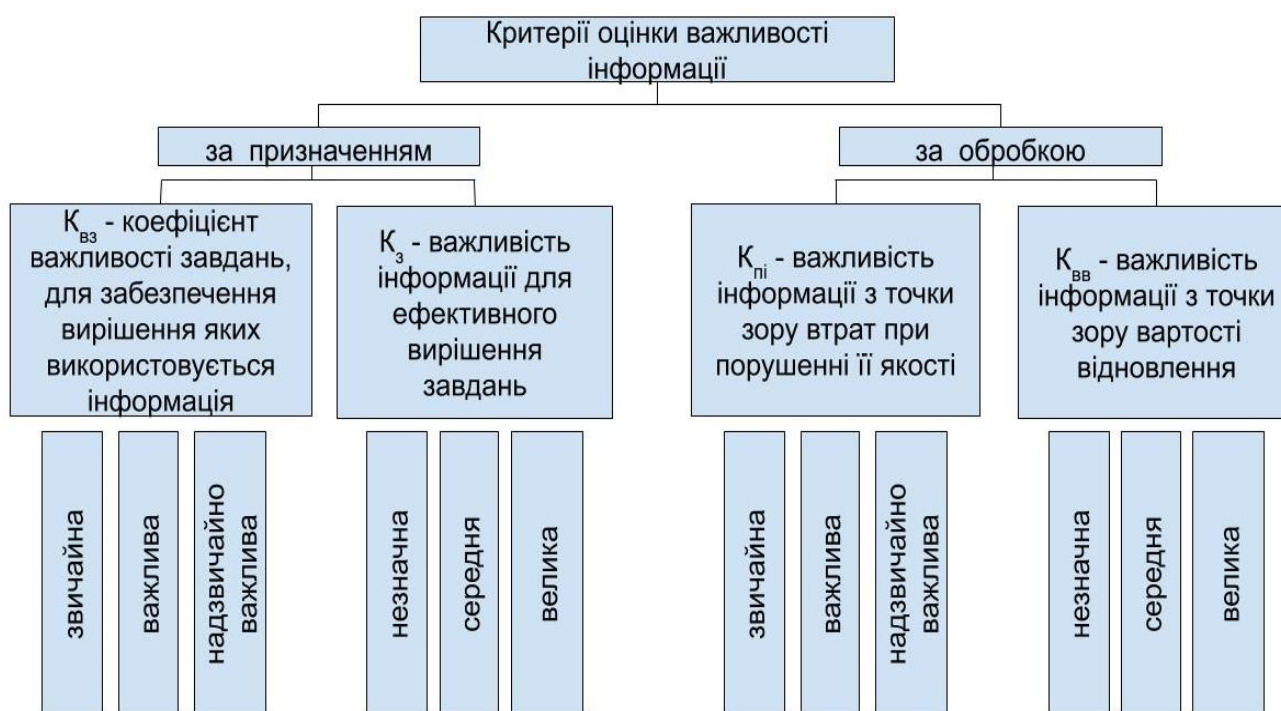


Рис. 2. Структура критеріїв оцінки важливості інформації



У першій групі, слід виділити наступні складові: важливість завдань пов'язаних з використанням інформації (наприклад задання пов'язані з проектуванням, будівництвом та експлуатацією) і ступінь важливості інформації для ефективного вирішення відповідного завдання.

У другій групі також виділяються дві складові: рівень втрат у разі небажаних змін параметру в процесі обробки під впливом дестабілізуючих факторів і рівень витрат на відновлення втраченої інформації.

Позначимо:

$K_{ВП}$ - коефіцієнт важливості параметру;

$K_{ВЗ}$ - коефіцієнт важливості задачі забезпечення надійності, де використовується відповідний параметр;

$K_{Пі}$ - коефіцієнт важливості параметру з точки зору втрат при його відсутності;

$K_{ВВ}$ - коефіцієнт важливості інформації (параметру) з точки зору вартості відновлення.

Тоді, очевидно:

$$K_{ВП} = f(K_{ВЗ}, K_{З}, K_{Пі}, K_{ВВ}) \quad (2)$$

Іншими словами, для оцінки важливості інформації необхідно визначати значення перерахованих вище коефіцієнтів та знати вид залежності (2).

В роботі [7] наведено «Методику визначення класу важливості інформації та запропоновано для визначення залежності між класом важливості інформації та коефіцієнтом важливості інформації використовувати вираз у вигляді сигмоїду з відповідними коефіцієнтами. Для визначення адекватності запропонованої функції та відповідних коефіцієнтів визначено розрахункове та табличне значення критерію Фішера».

Таким чином, алгоритм визначення показника важливості інформації наступний:

1. Експертне визначення критеріїв $K_{ВЗ}, K_{З}, K_{Пі}, K_{ВВ}$ лінгвістичних змінних;
2. Градація критеріїв;
3. Побудова підсумкової таблиці важливості;
4. Визначення значень $K_{ВП}$ за рівнянням (3), якому відповідає графік важливості інформації Рис. 3.

$$K_{ВП}(N_{НКВ}) = 0.34 \times \arctg(N_{НКВ} - 9) + 0.5 \quad (3)$$

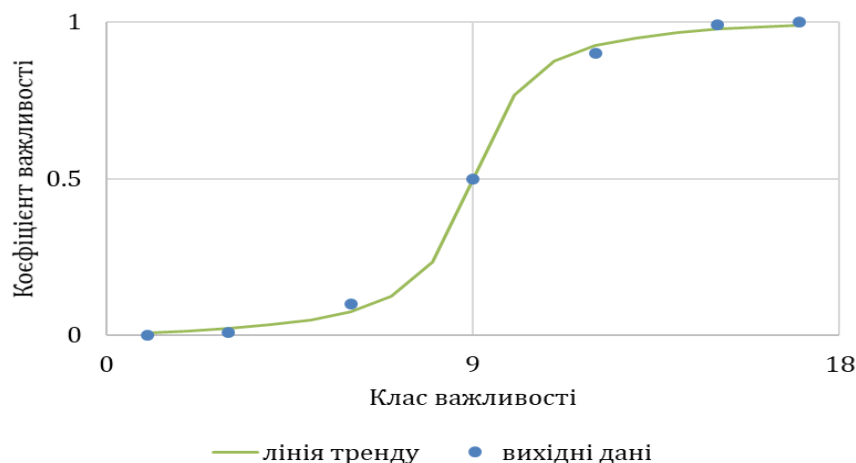


Рис. 3. Графік коефіцієнта важливості інформації

14.2. Методи визначення повноти інформації

Повнота є показник, що характеризує міру достатності інформації для вирішення відповідних завдань. Звідси випливає, що даний показник, так само як і попередній є відносним: повнота інформації оцінюється щодо цілком певного завдання або групи завдань у нашому випадку це забезпечення надійності на протязі життєвого циклу об'єкту. Тому, щоб мати можливість визначати показник повноти інформації, необхідно завчасно скласти перелік параметрів, які необхідні для їх вирішення. Для подання таких відомостей зручно скористатися так званими об'єктно-характеристичними таблицями (ОХТ), кожна з яких є двомірна матриця, по рядках якої наведено перелік найменувань параметрів, які входять в коло інтересів відповідної задачі, а по стовпцях - найменування їх характеристик (параметрів), значення яких необхідні для вирішення завдань. Самі значення характеристик будуть розташовуватися на перетині відповідних рядків і стовпців. Сукупність усіх ОХТ, необхідних для забезпечення вирішення всіх завдань на життєвому циклі об'єкту, може бути названа інформаційним кадастром об'єкта. Таким чином, неодмінною умовою оцінки повноти інформації є наявність інформаційного кадастру.

Методика оцінки повноти може бути наступною.

Позначимо через $d_{\mu\nu}$ елемент, що знаходиться в μ - рядку і ν - стовпці розглянутого компонента відповідної ЗХТ, причому:



$$d_{\mu\nu} = \begin{cases} 1, & \text{якщо по даному елементу інформація є;} \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Тоді в якості запобіжного коефіцієнту повноти інформації в даній ОХТ можна прийняти величину

$$K_{\Pi} = \frac{\sum_{\mu} \sum_{\nu} d_{\mu\nu}}{mn} \quad (4)$$

де μ - число рядків, ν - число стовпців в розглянутій ОХТ.

Однак при цьому не враховується важливість, різних параметрів, причому важливість в тому сенсі, як це розглядалося вище. Нехай $K_{\mu\nu}^{(B)}$ є коефіцієнт важливості елементу μ рядка і ν стовпчика.

Тоді, очевидно, в якості зваженої повноти інформації в даній ЗХТ можна прийняти величину

$$K_{\Pi}^{(B)} = \frac{\sum_{\mu} \sum_{\nu} d_{\mu\nu} K_{\mu\nu}^{(B)}}{mn \sum_{\mu} \sum_{\nu} K_{\mu\nu}^{(B)}} \quad (5)$$

14.3. Методи визначення параметрів адекватності та старіння інформації

Під адекватністю інформації будемо розуміти ступінь її відповідності дійсному стану тих реалій, які відображає інформація. У загальному випадку адекватність визначається двома параметрами: об'єктивність генерування інформації та тривалість інтервалу часу між моментом генерування інформації і поточним моментом, тобто до моменту оцінювання її адекватності.

Об'єктивність генерування інформації, очевидно, залежить від способу отримання значень параметру.

Класифікація характеристик щодо можливих способів отримання їх значень наведена на рис. 4 Тоді всі можливі значення адекватності інформації по об'єктивності її генерування можна структурувати так, як наведено в табл. 5.

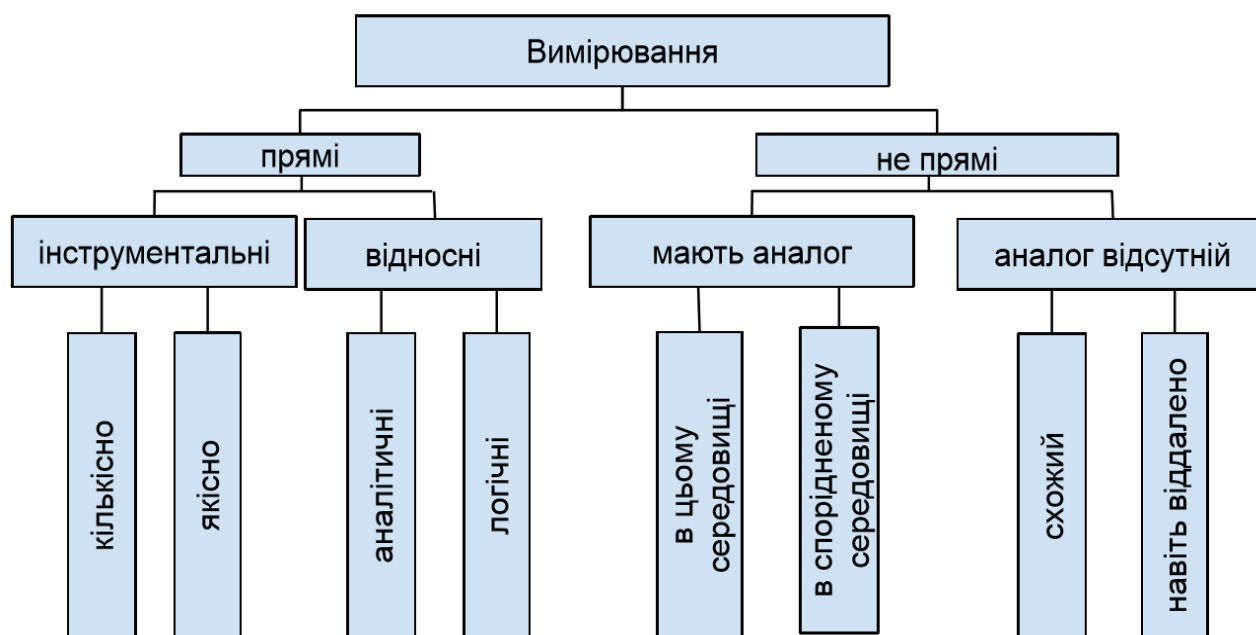


Рис. 4. Класифікація характеристик за шляхом отримання значень

Таблиця 5

Структуризація значень адекватності інформації за об'єктивністю генерування (отримання), клас адекватності $K_{к.ад}$

Тип вимірювань та характеристика			Якість визначення параметру		
			Гарна	Середня	Погана
Прямі	Інструментальні	Кількісно	1	2	3
		Якісно	2	3	4
	Відносні	Аналітично	3	4	5
		Логічно	4	5	6
Не прямі	Що мають аналоги	В даному середовищі	5	6	7
		У спорідненому середовищі	6	7	8
	Що не мають аналогів	Схожого	7	8	9
		Навіть віддаленого	8	9	10

Як і при розробці методики оцінки важливості інформації зробимо припущення, що при достовірних шляхах визначення та кількісному вимірюванні характеристики адекватність відповідної інформації буде близька до 1, а при поганому, не прямому визначенні значення характеристики, що не має навіть віддаленого аналога, адекватність інформації близька до нуля. Природно також припустити, що всередині даного інтервалу зміна адекватності



відбувається за логістичною кривою у вигляді функції арктангенсу, як це показано на рис. 5. Відповідну функцію будемо шукати у вигляді (6), але слід пам'ятати, що коефіцієнт A приймається від'ємним, оскільки функція є не східною.

$$K^{(a)}(K_{\text{кад}}) = A \times \arctg(K_{\text{кад}} + B) + C \quad (6)$$

Коефіцієнти рівняння виконують наступні функції, що характеризують форму лінії регресії: $-A$ - коефіцієнт, що збільшує (зменшує) масштаб S - подібної кривої, зі знаком «-»; $-B$ коефіцієнт, що характеризує точку перегину кривої, береться зі знаком «-»; $-C$ - коефіцієнт переміщує криву вгору (вниз) в залежності від знаку перед ним (в нашому випадку це знак «+»).

Таблиця 6

Дані для регресійного аналізу

Клас важливості	Коефіцієнт адекватності за об'єктивністю генерування $K^{(a)}$
1	0.999999
3	0.99
6	0.5
9	0.01
10	0.00001

Встановлено, що найкращим чином для побудови сигмоїду між класом адекватності інформації за об'єктивністю генерування та коефіцієнтом адекватності підходять наступні емпіричні коефіцієнти: $A = -0.34$, $B = -6$, $C = 0.5$. Тоді вираз (6) приймає наступний вигляд

$$K^{(a)}(K_{\text{кад}}) = -0.34 \times \arctg(K_{\text{кад}} - 6) + 0.5 \quad (7)$$

Для визначення придатності до використання запропонованої функції (7) та відповідних коефіцієнтів визначимо розрахункове та табличне значення критерію Фішера. Розрахунковий критерій Фішера $F_{\text{роз}} = 4.75$, табличне значення критерію при рівні значимості $\alpha = 0,05$ дорівнює $F_{\text{таб}} = 2.44$. Порівнюючи розрахункове та табличне значення критерію Фішеру можна



зробити висновок, щодо можливості використання виразу (7) з коефіцієнтами $A = 0.34$, $B = 9$, $C = 0.5$ для опису взаємозв'язку між класом важливості інформації та коефіцієнтом важливості.

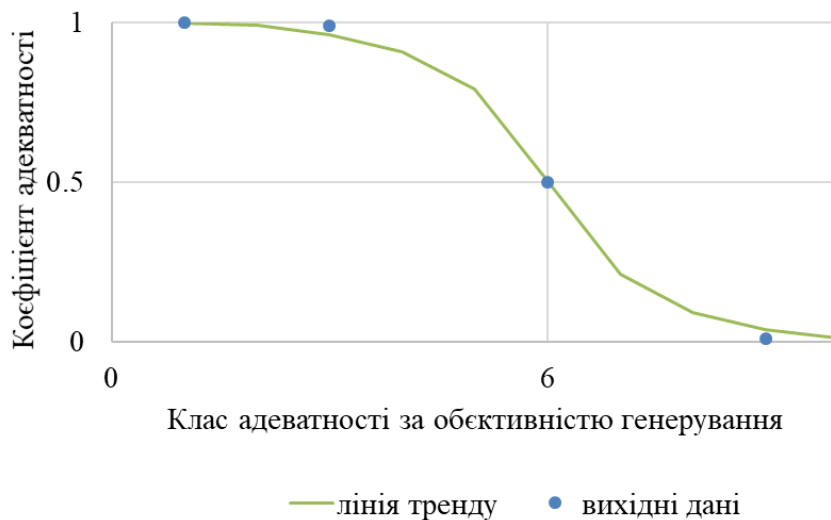


Рис. 5. Графік залежності показника адекватності інформації за способом генерування

Розглянемо тепер адекватність інформації, щодо тривалості інтервалу часу між моментом генерування інформації і моментом використання $K^{(a)}$. Для оцінки адекватності цілком слушним є відомий в теорії інформації так званий закон старіння інформації. Його вигляд показаний на рис. 5. При цьому під t_0 розуміється момент часу генерування інформації. Як випливає з малюнка, закон старіння інформації характеризується чотирма характерними інтервалами:

Δt_1 -тривалість інтервалу часу, протягом якого інформація повністю зберігає свою адекватність;

Δt_2 -тривалість інтервалу часу, на протязі якого адекватність інформації падає, але не більше, ніж на 25%;

Δt_3 -тривалість інтервалу часу, протягом якого адекватність інформації 50%;

Δt_4 -тривалість інтервалу часу, протягом якого адекватність інформації падає на 75%.

З огляду на ту обставину, що обидві складові адекватності інформації $K^{(a)}$ і $K^{(b)}$ залежать від великої кількості факторів, багато з яких носять випадковий характер, є підстави стверджувати, що вони в основі своїй також мають випадковий характер і тому можуть інтерпретуватися як ймовірності. Оскільки



для практичного використання важливо, щоб інформація була адекватна по обох параметрах, то відповідно до теореми множення ймовірностей загальний показник адекватності інформації $K^{(a)}$ може бути визначений як:

$$K^{(a)} = K^{(a')} K^{(a'')} \quad (6)$$

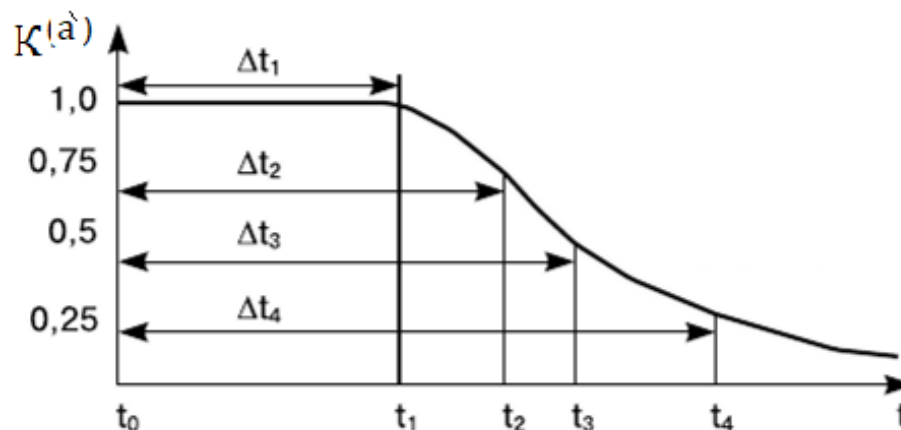


Рис. 5. Загальний вид закону старіння інформації

Висновок

Розділ монографії присвячено визначенню оптимальної кількості інформаційних параметрів моделі. До даного питання необхідно підходити з великою обережністю, для того щоб не втратити важливу інформацію при зменшенні загального її об'єму. Визначення кількості та якості інформації в інформаційній моделі споруди можливо з використанням загальних принципів обробки та зберігання інформації. Запропоновано алгоритми та методи визначення числових значень наступних критеріїв:

- критерій важливості інформації;
- критерій повноти інформації з врахуванням критерію важливості інформації;
- показник адекватності інформації з урахуванням старіння інформації.

Використання запропонованих алгоритмів та методів дозволить скласти інформаційний кадастр об'єкту та визначити оптимальний об'єм кількості параметрів для забезпечення надійності та споріднених задачах.



КАПИТЕЛ 15 / CHAPTER 15.

INFLUENCE OF DILUTE SOLUTIONS OF POLYACRYLAMIDE AND NOZZLE TO PIPE CROSS-SECTION RATIO ON NON-UNIFORMITY OF WATER OUTFLOW ALONG THE PATH IN PRESSURE DISTRIBUTING PIPELINE*ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПОЛИАКРИЛАМИДА И СКВАЖНОСТИ НАПОРНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПУТЕВОЙ РАЗДАЧИ ВОДЫ**ВПЛИВ ДОДАТКІВ ПОЛІАКРИЛАМІДУ І ШПАРУВАТОСТІ НАПІРНОГО РОЗПОДІЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДУ НА НЕРІВНОМІРНІСТЬ ШЛЯХОВОЇ РОЗДАЧІ ВОДИ*

DOI: 10.30888/978-3-9821783-5-6.2020-02-03-015

Вступ

Напірні розподільні трубопроводи (РТ) з дискретною шляховою роздачею рідини застосовуються в різних технічних системах: водопостачанні та водовідведенні (спринклерні та дренчерні протипожежні системи, фільтри споруд для очищення природних і стічних вод); іригації (краплинне, внутрішньогрунтове й поверхнєве зрошення); сільськогосподарській авіації (обприскування рослин); вентиляції (припливні системи); енергетиці (бризкальні басейни і градирні систем охолодження циркуляційних вод теплових й атомних електростанцій); водному транспорті (розподільні системи живлення шлюзів); машинобудуванні (розподільні паливні магістралі багатопаливних двигунів внутрішнього згорання) й ін. [1].

Як правило, технологічні процеси потребують забезпечення рівномірної роздачі рідини уздовж РТ. Досягнення рівномірної роботи РТ за умови $dQ/dx = \text{const}$ є складною задачею. Тому ставиться задача зменшення нерівномірності шляхової роздачі рідини з РТ. Запропоновані різні методи реалізації цієї задачі. Вирівнювання шляхової роздачі рідини з напірних РТ досягають зменшенням діаметра РТ у напрямку потоку [2], а також змінюванням шпаруватості РТ зменшенням по його довжині відстані між випускними отворами та збільшенням їх площі уздовж потоку. Виявлено [3], що нерівномірність шляхової роздачі води з кінцевого РТ менша, ніж з циліндричного РТ. Найменшої нерівномірності досягнуто, коли вхідний діаметр кінцевого РТ D_{beg} вдвічі перевершував кінцевий діаметр D_{end} . Подальше збільшення співвідношення діаметрів D_{beg}/D_{end} викликало зростання нерівномірності шляхової роздачі води [3].

Висловлено здогад про можливість зменшення нерівномірності шляхової



роздачі води з напірного РТ уведенням у потік малих кількостей додатків поліакриламід (ПАА) [4]. Це припущення з часом підтвердилось. У роботі [5] при течії водного розчину поліетиленоксиду у трубопроводі з круглим отвором у стінці отримано зменшення перепаду тиску порівняно з аналогічними умовами плинну води. Також нами отримано зменшення нерівномірності роздачі рідини вздовж РТ при течії водних розчинів поліакриламід [6; 7].

15.1. Постанова експерименту

Мета роботи - дослідження впливу додатків поліакриламід і шпаруватості розподільного трубопроводу на нерівномірність шляхової роздачі води з нього.

Дослідження проведено на експериментальному стенді, описаному в роботах [7; 8]. Застосовано два РТ з однаковими внутрішніми діаметрами $D = 8,21 \text{ мм}$ і рівними довжинами, однак з різною кількістю N випускних циліндричних насадок. Загальна довжина трубопроводу дорівнює 3043 мм . Довжина його перфорованої ділянки $L = 2644 \text{ мм}$ (рис.1). Матеріал труб – сталь іржостійка. З'єднання трубопроводу фланцеве. Шпаруватість РТ обчислювали за формулою [9]:

$$f = \frac{\varepsilon \cdot N \cdot \omega}{\Omega}, \quad (1)$$

де ω – площа поперечного перерізу випускної насадки, $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$; застосовано циліндричні насадки з внутрішнім діаметром $d = 3,2 \text{ мм}$ та довжиною $l = 8d$; Ω – площа поперечного перерізу РТ, $\Omega = \frac{\pi D^2}{4}$; ε – коефіцієнт стиснення струменю рідини у насадці, для циліндричної насадки $\varepsilon = 1,0$.

Нерівномірність шляхової роздачі рідини з РТ обчислювали за відношенням витрат крізь першу q_1 й останню q_{end} випускні насадки [10]:

$$\eta = \frac{q_1}{q_{end}} \quad (2)$$

Значення витрат рідини q_i крізь кожен випускний насадку встановлювали об'ємним способом.

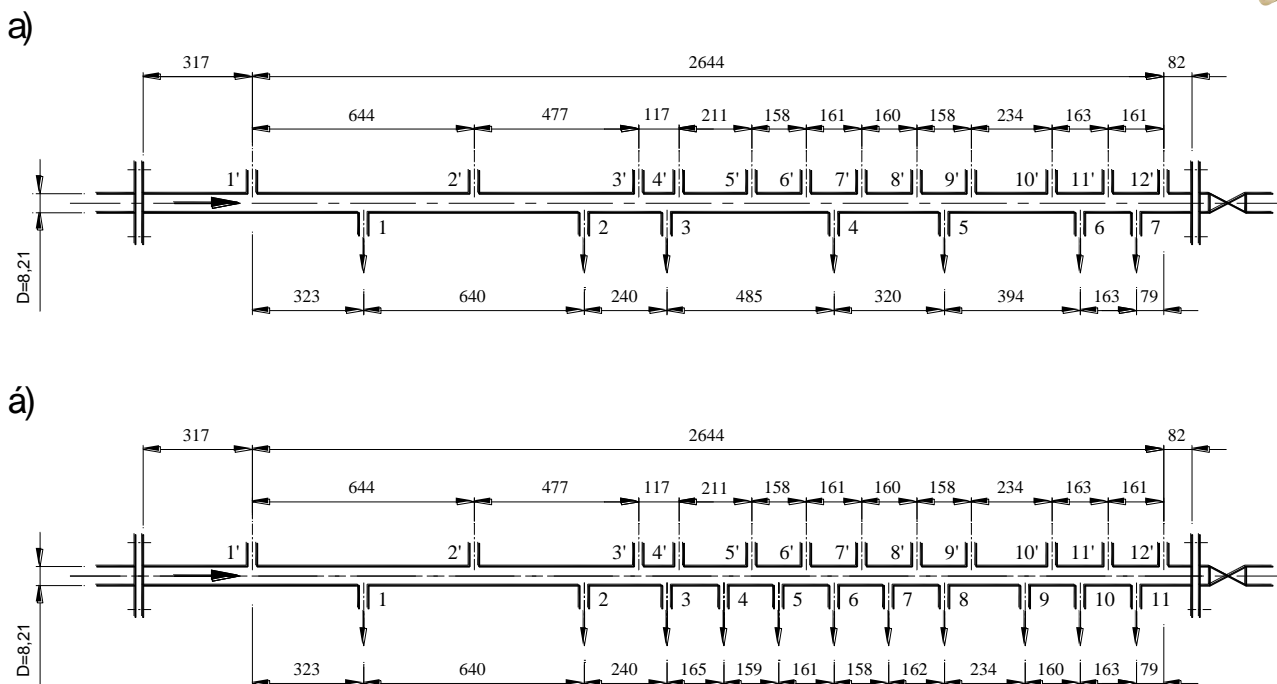


Рис. 1. Схеми досліджених розподільних трубопроводів з різними шпаруватостями f : 1,063 (а); 1,671 (б): 1-11 – випускні насадки; 1'-12' – штуцери для приєднання імпульсних трубок, сполучуваних з п'єзометрами (розміри подані в мм)

Коефіцієнт нерівномірності зміни витрати рідини по довжині РТ обчислювали за формулою [10]:

$$A = \frac{8\eta^2 + 9\eta + 3}{5 \cdot (\eta + 1)^2}. \tag{3}$$

Коефіцієнт дискретності зміни витрати рідини по довжині РТ обчислювали за формулою [10]:

$$K_o = \left(1 + \frac{0,5}{N}\right)^2. \tag{4}$$

15.2. Аналіз результатів досліджень

За нашими експериментальними даними (рис.2) [7] для РТ при його шпаруватості $f=1,671$ (рис.1,б) нерівномірність шляхової роздачі води η була рівною 2,770, а при $f=1,063$ (рис.1,а) нерівномірність η зменшилась до 1,712 (табл.1). Тобто меншому значенню шпаруватості f відповідала менша



нерівномірність шляхової роздачі води η з РТ. Це стосується також і коефіцієнта нерівномірності зміни витрати A по довжині РТ (табл.1). Проте, для коефіцієнта дискретності зміни витрати K_θ по довжині РТ спостерігається обернена тенденція (табл.1).

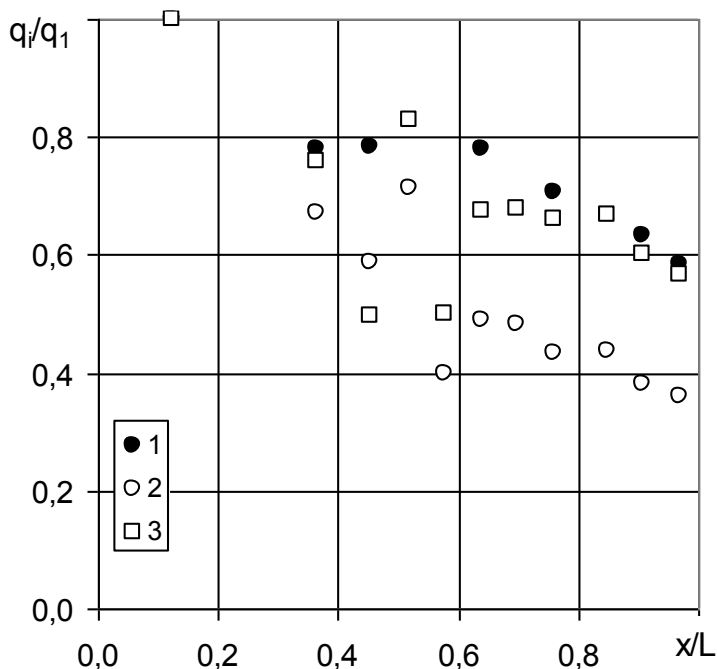


Рис. 2. Нерівномірність шляхової роздачі рідини з РТ зі шпаруватістю $f : 1,063 - (1); 1,671 - (2, 3)$ при течії води (1, 2) та водного розчину ПАА з масовою концентрацією $C = 10^{-4} \text{ кг/дм}^3$ (3); (x/L – відносна довжина перфорованої частини РТ; x – відстань від початку РТ до i -ої випускної насадки)

Таблиця 1

Зменшення нерівномірності роздачі води з розподільного трубопроводу за допомогою додатків поліакриламід

Ч/ч	Шпаруватість РТ f	Робоча рідина	Нерівномірність η	Коефіцієнти	
				A	K_θ
1.	1,063	вода	1,712	0,991	1,148
2.	1,671	вода	2,770	1,257	1,093
		водний розчин ПАА	1,770	1,147	

При роздачі водного розчину ПАА з масовою концентрацією $C = 10^{-4} \text{ кг/дм}^3$ із РТ зі шпаруватістю $f = 1,671$ отримано нерівномірність



шляхової роздачі рідини $\eta=1,770$ (табл.1), тобто приблизно таке саме значення, як при роздачі води із РТ з $f=1,063$ ($\eta=1,712$). Значення коефіцієнта нерівномірності зміни витрати води по довжині РТ $A_p=1,147$ при $f=1,671$ та $A_w=0,991$ при $f=1,063$. Тут індекс w при коефіцієнтах A відноситься до потоків води, а індекс p - до потоків води з додатками полімера.

Як бачимо, нерівномірність шляхової роздачі води з напірного РТ зменшується за допомогою уведення у потік води малої кількості додатків водорозчинного полімера з ланцюжковою будовою молекул, яким є ПАА. Також послаблюється нерівномірність шляхової роздачі рідини з РТ зменшенням шпаруватості РТ.

При течії водного розчину ПАА з масовою концентрацією $C=10^{-4}$ кг/дм³ в РТ зі шпаруватістю $f=1,671$, порівняно з течією води, послаблення нерівномірності η та коефіцієнта A пояснюється зменшенням втрат напору додатками ПАА на ділянках РТ після випускних насадок, де основний потік в РТ розширюється після від'єднання струменя крізь насадку, а також за рахунок послаблення тертя по довжині РТ на ділянках між сусідніми випускними насадками, за умови турбулентного режиму течії на цих ділянках [11; 12]. При цьому гідравлічні опори в РТ з дискретним зменшенням витрати формуються за законами рівномірного руху [13].

Зростання нерівномірності η шляхової роздачі води з РТ при збільшенні шпаруватості РТ f умовно можна розглядати як дію додаткових виступів шорсткості, котрі істотно турбулізують потік і, як наслідок, збільшують втрати напору в ньому [14].

Перевіримо припущення щодо послаблення нерівномірності шляхової роздачі води з РТ зменшенням його шпаруватості так само, як і вплив додатків ПАА. Для цього застосуємо показник нерівномірності Φ [3]:

$$\Phi = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (\beta_i - \bar{\beta})^2} \quad (5)$$

та коефіцієнт рівномірності Крістіансена [15; 16]:

$$CU = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |\beta_i - \bar{\beta}|}{N \cdot \bar{\beta}}, \quad (6)$$



де $|\beta_i - \bar{\beta}|$ – абсолютне відхилення варіанти $\beta_i = \frac{q_i}{q_1}$ від середнього значення вибірки $\bar{\beta}$,

$$\bar{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^N \beta_i}{N}. \quad (7)$$

На однорідність двох вибірок (табл.2) вказує однорідність двох генеральних сукупностей за t -критерієм Стьюдента, прийнята на рівні значущості 0,05. При цьому рівність дисперсій двох генеральних сукупностей за критерієм Фішера прийнято з рівнем значущості 0,05.

За даними табл.2 одержано такі значення показника нерівномірності Φ та коефіцієнта рівномірності Крістіансена CU :

- для водного розчину ПАА: $\Phi = 0,140$; $CU = 0,849$;
- для води: $\Phi = 0,125$; $CU = 0,873$.

Отже, зменшення шпаруватості РТ дає дещо більше зменшення нерівномірності роздачі води з РТ. При цьому за критерієм Фішера це забезпечується з рівнем значущості 0,1.

Зменшити шпаруватість РТ можна заглушуванням частини випускних насадок. Однак, такий метод послаблення нерівномірності шляхової роздачі води з напірного РТ не завжди виправданий. Наприклад, в поливних трубопроводах випускні насадки розміщують біля кожного дерева чи куща. Заглушування окремих водовипусків позбавляє відповідні рослини води та негативно впливає на їх ріст і урожайність. Однак, в градирнях атомних і теплових електростанцій застосування такого методу можливе. Проте, не за рахунок заглушування окремих випускних насадок, а збільшення діаметра D РТ, змінюванням поперечних розмірів насадок, тобто площ живого перерізу струменів, які відгалужуються від РТ, а також змінюванням відстаней між випускними насадками.

Використання додатків ПАА, окрім оптимізації роботи РТ [6; 7], благотворно впливає на розвиток рослин і стан ґрунту. Зрошення водним розчином ПАА запобігає поверхневе ущільнення землі й утворення кірки [17], усуває прояви ерозії ґрунту [17; 18].

Рішення щодо використання одного з двох способів зменшення нерівномірності роздачі рідини по довжині РТ приймають на основі техніко-економічного їх порівняння.



Таблиця 2

**Вихідні дані для розрахунку оптимізації роботи
розподільного трубопроводу зі шпаруватістю $f = 1,469$**

x/L	Водний розчин поліакриламідю з масовою концентрацією $C = 10^{-4}$ кг/дм ³ в РТ зі шпаруватістю $f = 1,671$		Вода в РТ зі шпаруватістю $f = 1,063$	
	i	q_i/q_1	i	q_i/q_1
0,122	1	1,000	1	1,000
0,364	2	0,757	2	0,780
0,455	3	0,495	3	0,783
0,517	4	0,828		
0,578	5	0,500		
0,638	6	0,676	4	0,780
0,698	7	0,678		
0,759	8	0,661	5	0,706
0,848	9	0,669		
0,908	10	0,601	6	0,632
0,970	11	0,565	7	0,584

Примітка: i – порядковий номер водовипускної насади від початку РТ (рис.1).

Висновки

Показано, що послаблення нерівномірності шляхової роздачі води з напірних розподільних трубопроводів досягається уведенням у потік додатків водорозчинних полімерів з високою молекулярною масою та ланцюжковою будовою молекул, наприклад, поліакриламідю. Такий самий за значенням ефект отримується зменшенням шпаруватості РТ. Уведення додатків ефективно в іригації, а зменшення шпаруватості у системах, де допускається змінювання відстаней між випускними насадками та їхніх поперечних розмірів, тобто площі живого перерізу струменів, які відгалужуються від РТ.



Verweise / References

Chapter 1.

1. Металлургия и вторичная металлургия алюминия
<https://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/metallurgiya-alyuminiya/679-istoriya-alyuminiya.html>
2. Бредихин, В. Н., Корицкий, Г. Г., Кушнеров, В. Ю., Шевелев, А. И. (2019). Алюминий вторичный. Донецк: ДонНТУ, 444 с.
3. Мировое производство алюминия в 2019 году.
https://1prime.ru/state_regulation/20200120/830816803.html#:~:
4. Чернавина, Д. А., Чернавин, Е. А., Фаллер, А. В., Зданович, М. Ю. (2018). Мировой рынок алюминия: тенденции развития, перспективы и ключевые проблемы. Молодой ученый, 17, 206-210.
5. Савицкий, К. В. Переработка шлаков вторичного алюминия. Available at: http://www.rusnauka.com/SND/Tecnic/1_savickiy%20k%20v.doc.htm. Дата обращения: 02.08.2019.
6. Markets for Steel and Aluminum Scrap (2019). Available at: <https://www.spotlightmetal.com/markets-for-steel-and-aluminum-scrap-a-789883/>
7. Технологические схемы переработки лома и отходов алюминия. Available at: <https://uchebnikfree.com/ekologiya/tehnologicheskie-shemyi-pererabotkiloma-62897.html> Дата обращения: 30.07.2019
8. Вторичное сырье цветных металлов. Available at: <https://metallurgy.zp.ua/vtorichnoe-syre-tsvetnyh-metallov/> Дата обращения: 30.07.2019
9. Трибушевский Л.В., Немененок Б.М., Румянцева Г.А., Римошевский В.С. Анализ процесса плавки алюминиевой стружки и шлака в короткопламенной роторной печи. Литье и металлургия, 2015 - № 2 (79).
10. О мировой алюминиевой промышленности на сайте РУСАЛа (2013). Available at: <https://iv-g.livejournal.com/930562.html> Дата обращения: 01.08.2019
- 1.1. Вторичное сырье цветных металлов (2019). Available at: <https://metallurgy.zp.ua/vtorichnoe-syre-tsvetnyh-metallov/> Дата обращения: 01.08.2019
12. Галушко, А. М., Королев, С. П., Трибушевский, В. Л., Михайловский, В. М., Трибушевский, Л. В., Шешко, А. Г., Королев, М. С. (2018). Некоторые особенности технологии и организации рециклинга алюминия и его сплавов.



Литье и металлургия, 1-2 (54-55), 122-127.

13. О повышении эффективности производства вторичных алюминиевых сплавов. Available at: https://ukrbascompany.at.ua/index/o_povyshenii_ehffektivnosti_proizvodstva_vtorichnykh_aljuminievyykh_splavo_v/0-135 Дата обращения: 01.08.2019.

14. Алюминий из шлаковых съёмов плавильных печей. Available at: <https://uchebnikfree.com/obrabotka-metallov-metallurgiya/alyuminiy-shlakovyih-syemov-plavilnyih-43700.html> Дата обращения: 02.08.2019

15. Прессы для переработки алюминиевого шлака. Available at: <http://www.lmltd.ru/altek/produktsiya/otzhim-alyuminiievogo-shlaka.html> Дата обращения: 25.07.2019

16. Зверева, Я. Ю. Переработка алюминиевых шлаков. Available at: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/26049/1/%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B0.pdf> Дата обращения: 29.07.2019

17. Савко, А. В., Кушнер, Е. Н. Эффективная технология переработки алюминиевых шлаков. Available at: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/13150/%D0%A1.%2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Дата обращения: 02.08.2019

18. Радченко, В. Г., Шабалин, В. Н., Трашков, К. М., Душаткин, В. И., Широков, И. С. (2003). Переплав алюминиевых шлаков в электродуговой печи. Ползуновский альманах, 4, 78-79.

19. Окунев В.М. Переработка отвалных алюминиевых шлаков, образующихся при выплавке вторичных алюминиевых сплавов // Вторичные цветные металлы. М.: Цветметинформация, 1971. - С. 84-92.

20. Верховлюк А.М., Довбенко В.В., Червоний І.Ф. Технології переробки алюмінієвого скрапу. ScienceRise. - 2019. - № 12 (65). - с. 47-54.

21. Довбенко В.В., Верховлюк А.М. Особливості одержання алюмінію з відходів ливарного виробництва. Процеси лиття, 2020.- № 2 (140). – С. 15-19.

22. Троицкий И.А., Железнов В.А. Металлургия алюминия. М.: Металлургия, 1984. 399 с.

23. Колобов Г.А., Бредихин В.Н., Чернобаев В.М. Сбор и переработка вторичного сырья цветных металлов. М. Металлургия, 1992.- С. 288 с.

24. Фомин Б.А., Москвин В.И., Махов С.В. Металлургия вторичного алюминия. М.: Экомет., 2004.- 240 с.



25. Савко А.В., Кушнер Е.Н. Эффективная технологии переработки алюминиевых шлаков. Белорусский национальный технический университет. г. Минск. [Электронный реурс]

<https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/13150/%D0%A1.%2010.pdf?sequence=1>

26. Верховлюк А.М., Довбенко В.В., Червоный И.Ф. Технологические особенности переработки алюминиевого шлака. Modern scientific researches 2019. № 09-01. - С. 9-18.

27. Патент WO2010/058172 World Intellectual Property Organization, МПК: С 22 В 21/00; С 22 В 7/00; F 27 В 3/00. Metal melting apparatus [Текст] / Al Chalabi, Rifat; Perry, Ophneil, Henry; Заявитель и патентообладатель Al Chalabi, Rifat; Perry, Ophneil, Henry. – PCT/GB2009/002709 ; заявл. 19.11.2009 ; опубл. 20.11.2009.

28. Патент JPH03120322 Япония. МПК: С 22 В 21/00. Device for melting aluminum swarf [Текст]. - опул. 22.05.1991. 9- 21. Патент CA2977480 Канада, МПК: С 22 В 21/00; С 22 В 7/00; С 22 В 9/16; F 27 D 27/00; F 27 D 3/14. System and method for melting light gauge metal stock [Текст]. - опубл. 12.11.2015.

29. Патент CA2977480 Канада, МПК: С 22 В 21/00; С 22 В 7/00; С 22 В 9/16; F 27 D 27/00; F 27 D 3/14. System and method for melting light gauge metal stock [Текст]. - опубл. 12.11.2015.

30. Патент 5882580 USA, МПК: С 22 В 21/00; С 22 В 7/04; С 22 В 7/00. Dross presses [Текст]. - 16.03.1999.

31. Al Chalabi, R., Perry, O. H. (2009). Pat. WO2010/058172 World Intellectual Property Organization. МПК: С 22 В 21/00; С 22 В 7/00; F 27 В 3/00. Metal melting apparatus. PCT/GB2009/002709; declared: 19.11.2009; published: 20.11.2009.

32. Pat. JPH03120322 JPN (1991). Device for melting aluminum swarf. МПК: С 22 В 21/00. published: 22.05.1991.

33. Pat. CA2977480 CA (2015). System and method for melting light gauge metal stock. МПК: С 22 В 21/00; С 22 В 7/00; С 22 В 9/16; F 27 D 27/00; F 27 D 3/14. published: 12.11.2015.

34. Pat. 5882580 USA (1999). Dross presses. МПК: С 22 В 21/00; С 22 В 7/04; С 22 В 7/00. published: 16.03.1999.

35. Pat. EP2331718 (2015). Electroslag melting method for reprocessing of aluminium slag. МПК: С 22 В 21/00; С 22 В 7/04; С 22 В 9/18. published: 22.04.2015.



36. Pat. DE19517151 DEU (1996). Melting metal scrap in electric arc furnace of good operational effectiveness and durability. МПК: С 21 С 5/46; С 21 С 5/52; F 27 В 3/08; F 27 В 3/22; F 27 D 13/00; F 27 D 99/00. published: 07.03.1996.

37. Verhovlyuk, A. M., Dovbenko, V. V., Chervonyi, I. F. (2019). Technological features of the processing of aluminum slag. International periodic scientific journal. Modern scientific researches, 9 (1), 9-18.

38. Университетская среда для учителей [Электронная версия]

<http://www.chem.msu.ru/rus/events/2018-10-13-media/2018-10-13%20Drozdov.pdf>

39. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Д44 Справочник: ВЗТ: Т. 1 / Под. общ. ред. Н.П. Лякишева.- М.: Машиностроение, 1996.- № 3.- 992 с.

40. Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем.- М.: Metallurgia, 1990.- 240 с.

41-- 3. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов.- М.: Metallurgia, 1979.- 640 с.

42. Золотаревский В.С., Белов Н.А. Metallovedenie zhidkikh aliuminiyevykh spлавов.- М.: Изд. Дом. МИС и С, 2005.- 376 с.

43. Немчинова Н.В., Тютрин А.М. Metallograficheskoye issledovaniye obraztsov aliuminiyevykh ронделей // Фундаментальные исследования.- 2015.- № 3.- С. 124-128.

44. Gowri S., Samuel F.H. Effect of Alloying Elements on the Solidification Characteristics and Microstructure of Al-Si-Cu-Mg-Fe 380 Alloy // Metallurgical and Materials Transactions A, Feb., 1994.- v. 25.- is. 2.- P. 437-448.

Chapter 2.

1. Gulyaev Y. G., Nykolaienko Y. M. Technological procedures of metal forming processes. Part VII: Teaching manual. – Dnipro: NMetAU, 2017. – 52 p.

2. Analysis of Variation of the Mean Wall Thickness in Stretch Reduced Tubes. / G.I. Gulyaev, Y.G. Gulyaev, Ye.I. Shyfrin, N.Y. Kvitka, K. Sawamiphakdi // Material Science & Technology 2004 Conference Proceedings. New Orleans, Louisiana, USA. – September 26–29, 2004. – Vol. I. – P. 257-273.

3. Theoretical analysis of the conditions for the formation of the transverse difference of pipes during longitudinal plugless rolling / Ye.I. Shyfrin, N.Y. Kvitka, S.A. Chukmasov, N.V. Hopaitsa // Teoriya i praktika metallurgiyi. – 2005. – № 6. –



pp. 25-31.

4. Gulyaev Y.G., Shyfrin Ye.I., Kvitka N.Y. Theoretical analysis of the parameters of continuous longitudinal plugless tube rolling on mills with a differential-group drive. – 2007. – №4-5. – pp. 115-124.

5. Shyfrin Ye.I. Development of the theory and technologies of continuous plugless tube rolling on the basis of the complex consideration of the factors determining their quality: Ph.D. Thesis: 05.03.05. – Dnipro: NMetAU, 2018. – 262 p.

6. Patent 132091 Ukraine MPK (2006.01) V21N 8/02, B21B 27/02 Caliber of a roll for longitudinal rolling of pipes. Y.G. Gulyaev, I.P. Khatskelian, O.V. Lutsenko et al. Applied. 07.09.2018; Published. 11.02.2019, Bul. №3. – 5 p.

Chapter 3.

1. Кочеткова А. Современная теория позитивного питания и функциональные продукты. Пищевая промышленность, 1994: С. 7—10.

2. Терещук Л.В., Старовойтова К.В., Долголюк И.В., Тарлюн М.А. Растительные масла в качестве функциональных ингредиентов эмульсионных продуктов. Масложировая промышленность. 2015. № 2. С. 20-23.

3. Шахова М.Н., Бутова С.В. Пищевые добавки в производстве эмульсионных жировых продуктов. Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2015. № 1. С. 72-74.

4. Федотова Е.В. Антиоксидантная добавка для эмульсионных продуктов. Пищевые инновации и биотехнологии. Материалы IV Международной научной конференции. 2016. С. 615-616.

5. Курбоналиева Г.Т. Купажирование растительных масел сбалансированного состава для эмульсионных масложировых продуктов. Пищевые инновации и биотехнологии. Материалы IV Международной научной конференции. 2016. С. 605-607.

6. Ershova T.A., Bozhko S.D., Chernyshova A.N., Situn N.V., Pugachenko S.A. The investigation of the rheological properties of emulsion products based on vegetable oil. Biology and Medicine. 2015. Т. 7. № 4. С. 1-5.

7. Восканян О.С., Паронян В.Х., Шленская Т.В. Современное состояние и тенденции развития производства эмульсионных продуктов питания: [монография] / О. С. Восканян, В. Х. Паронян, Т. В. Шленская. - М.: Пищепромиздат, 2004. – 278.



Chapter 4.

1. Железко Ю. С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 176 с.

2. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / В. Э. Воротницкий, Ю. С. Железко, З. Н. Казанцев и др. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 368 с.

3. Julio Romero Agüero, "Improving the efficiency of power distribution systems through technical and non-technical losses reduction", Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D) 2012 IEEE PES, pp. 1-8, 2012, ISSN 2160-8563.

4. Rad Stanev, "Estimation of the impact of distributed energy resources on electrical network power losses", Electrical Apparatus and Technologies (SIELA) 2014 18th International Symposium on, pp. 1-4, 2014.

Chapter 5.

1. Офіційний сайт *3dprinter.ua* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://3dprinter.ua/blog/page/3/>.

2. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу /О. О. Гриб'юк // Матеріали 7 міжнародної науково-практичної конференції FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць, м. Львів, 27-30 квітня 2017 р. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2017. – С. 38-43.

3. Специализированный портал о робототехнике, роботах и дронах [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://robotics.ua>

4. Обладнання для навчальних та реабілітаційних установ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vemakids.com.ua/ua/ergoterapiya>

5. Електронний ресурс – Режим доступу: <http://www.davincirobot.ru>

6. SPARC Robotics (2020) *Milti – Annual Roadmap*. For robotics in Europe, - 318с.

7. Малахов В.О. Фізична та реабілітаційна медицина в Україні: проблеми та перспективи/О.В. Малахов, Г.М. Кошелева, В.О. Родін//Проблеми безперервної медичної освіти та науки. – 2016. №1. – с. 6-12.

8. Морзе Н.В. Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами STEM-освіти/ Н.В. Морзе, М.А. Гладун, С.Р. Дзюба// Інформаційні технології і засоби навчання.– 2018. – Т.65, №3. – с. 37-



52.

9. Офіційний сайт Arduino в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://arduino.ua/>

Chapter 6.

1. Наказ Держспоживстандарту України 28.07.2010 № 327 Національний класифікатор України Класифікатор професій ДК 003:2010 <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10#Text>

2. Наказ МОН України №1242 від 13.11.2018 р. "Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 113 "Прикладна математика" для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/113-prikladna-matematika-bakalavr.pdf>

3. Наказ МОН України №962 від 10.07.2019 о. "Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки" для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/07/12/122-kompyuterni-nauki-bakalavr.pdf>

4. IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic <https://irem.univ-reunion.fr/IMG/pdf/ieee-754-2008.pdf>

5. Singh S. The Simpsons and Their Mathematical Secrets. – Bloomsbury USA, 2013. – 272 p. ISBN-10: 1620402777

6. Джерело картинки <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2975606/Did-Homer-Simpson-discover-HIGGS-BOSON-Maths-1998-episode-predicts-particle-s-mass-14-years-CERN.html>

7. Джерело картинки <https://ew.com/tv/2018/10/19/the-simpsons-homer-cubed-treehouse-of-horror-vi/>

8. David H. Bailey, Jonathan M. Borwein. Pi: The Next Generation A Sourcebook on the Recent History of Pi and Its Computation. – Springer, 2016. – 507 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32377-0>

9. Електронний ресурс <https://0.30000000000000000004.com/>

10. Almost Integer <https://mathworld.wolfram.com/AlmostInteger.html>

11. Piezas T. III Ramanujan's Constant ($e^{\pi\sqrt{163}}$) And Its Cousins https://www.oocities.org/titus_piezas/Ramanujan_a.htm

12. Trott M. The Mathematica GuideBook for Programming. – Springer-Verlag



New York, 2004. – 1028 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8503-3>

13. Rump S.M. Algorithms for Verified Inclusions: Theory and Practice / Reliability in Computing: the Role of Interval Methods in Scientific Computing. – 1988. – S. 109-126. <https://doi.org/10.15480/882.316>

14. Muller J.-M., Brisebarre N., de Dinechin F., Jeannerod C.-P., Lefèvre V., Melquiond G., Revol N., Stehlé D., Torres S. Handbook of Floating-Point Arithmetic. – Birkhäuser Basel, 2018. – 627 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-76526-6>

15. Kahan W. How futile are mindless assessments of roundoff in floating-point computation? Available at <http://http.cs.berkeley.edu/~wkahan/Mindless.pdf>, 2004.

16. Bilous R.V., Varer B.Y. Some problems of difference equations computer calculations / Book of Abstracts 6th Ya.B. Lopatynsky International School-Workshop on Differential Equations and Applications (18-20 June, 2019, Vinnytsia, Ukraine). – 2019. – PP. 24-25.

Chapter 7.

1. Преображенский Ю.П., Паневин Р.Ю. Формулировка и классификация задач оптимального управления производственными объектами // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 5. С. 99-102.

2. Преображенский Ю.П. О повышении эффективности работы промышленных предприятий // В сборнике: Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития. сборник научных статей 8-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 45-48.

3. Преображенский Ю.П. Проблемы управления в производственных организациях // В сборнике: Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления. Материалы XIII международной научно-практической конференции. Под редакцией Ю.В. Вертаковой. 2018. С. 208-211.

4. Пеньков П.В. Экспертные методы улучшения систем управления // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 108-110.

5. Зазулин А.В., Преображенский Ю.П. Особенности построения семантических моделей предметной области // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 026-028.



6. Преображенский Ю.П. Разработка методов формализации задач на основе семантической модели предметной области // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 075-077.

7. Максимов И.Б. Принципы формирования автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 130-135.

8. Паневин Р.Ю., Преображенский Ю.П. Структурные и функциональные требования к программному комплексу представления знаний // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 061-064.

9. Зяблов Е.Л., Преображенский Ю.П. Разработка лингвистических средств интеллектуальной поддержки на основе имитационно-семантического моделирования // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 024-026.

10. Максимов И.Б. Классификация автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 127-129.

11. Ермолова В.В., Преображенский Ю.П. Методика построения семантической объектной модели // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 87-90.

12. Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Использование информационных систем на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 104-106.

13. Гостева Н.Н., Гусев А.В. О возможности увеличения эффективности производства // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 76-78.

14. Львович Я.Е., Преображенский Ю.П., Паневин Р.Ю. Адаптивное управление марковскими процессами в конфликтной ситуации // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 11. С. 170-171.

15. Преображенский Ю.П. О видах информационных систем в организации // В сборнике: Молодежь и системная модернизация страны. Сборник научных статей 3-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 4-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 131-134.

16. Гостева Н.Н., Гусев А.В. Информационные системы в управлении производством // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 58-60.



17. Кайдакова К.В. Об использовании энергосберегающих технологий // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 108-111.
18. Горбенко О.Н., Макарова А.А. О проблемах солнечной энергетики // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 97-101.

Chapter 8.

1. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Олександра Погорілого за 2019 рік. URL: <http://dsbt.gov.ua/storinka/publichnyy-zvit-golovy-derzhavnoyi-sluzhby-ukrayiny-z-bezpeky-na-transporti-oleksandra>. (дата звернення 15.06.2020);
2. В. Бесчастний, А. Собакарь Державна політика транспортної безпеки України: актуальні питання реалізації. Віче. 2010. № 4, С.2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/viche_2010_4_2. (дата звернення 15.06.2020);
3. М.Ю. Бурдіна, Н.В.Буркіна Аналіз стану транспортної безпеки України. С.162. URL: [file:///C:/Users/%D0%A4%D0%B2%D1%8C%D1%88/Downloads/6185-12420-1-SM%20\(11\).pdf](file:///C:/Users/%D0%A4%D0%B2%D1%8C%D1%88/Downloads/6185-12420-1-SM%20(11).pdf) (дата звернення 15.06.2020);
4. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p> (дата звернення 15.06.2020);
5. Додаток до постанови Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2016 р. № 1056. URL: <http://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення 15.06.2020);
6. Шишкін О. Ключовий елемент, або безпека країни – що буде завтра//“Дзеркало тижня. Україна”. – 6 червня 2014. – № 20;
7. Інноваційна Україна 2020 : національна доповідь / за заг. ред. В.М. Гейця та ін.; НАН України. – К., 2015. – 336 с.;
8. Інноваційна діяльність промислових підприємств та способи її фінансування в Україні : монографія / Г. В. Возняк, А. Я. Кузнєцова ; Нац. банк України, Ун-т банк. справи, Львів. ін-т банк. справи. - К. : УБС НБУ, 2007.-183 с.;
9. Інноваційна Україна 2020 : національна доповідь / за заг. ред. В.М. Гейця та ін.; НАН України. – К., 2015. – 336 с.;
10. Гордієнко С.Г. Інноваційна діяльність: проблеми, сутність, змістовні складові та напрями удосконалення, Часопис Академії адвокатури України, том 7, № 2(23) 2014;



11. Закон України «Про інноваційну діяльність» URL: <http://zakon.rada.gov.ua>. (дата звернення 15.06.2020);
12. Згурець С. Армія майбутнього: подвійний погляд на інновації. “Українська правда” від 21 жовтня 2016 р.;
13. Портер М.Е. “Конкуренція” – Москва: Видавничий дім “Вільямс”, 2005. – 608 с.;
14. Кластеризация предприятий: состояние и перспективы //Альманах “Наука. Инновации. Образование”, под. ред. Семёнова Е.В. – 2008. – Вып.7. – 312 с.

Chapter 9.

- 1.Черников С.Ю., Корольков Р.В. Использование системного анализа при управлении организациями // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 2 (5). С. 16.
- 2.Зяблов Е.Л., Преображенский Ю.П. Построение объектно-семантической модели системы управления // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 029-030.
- 3.Преображенский Ю.П. О повышении эффективности работы промышленных предприятий // В сборнике: Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития. Сборник научных статей 8-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 45-48.
- 4.Зазулин А.В., Преображенский Ю.П. Особенности построения семантических моделей предметной области // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 026-028.
- 5.Преображенский Ю.П. Разработка методов формализации задач на основе семантической модели предметной области // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 075-077.
- 6.Паневин Р.Ю., Преображенский Ю.П. Структурные и функциональные требования к программному комплексу представления знаний // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 061-064.
- 7.Максимов И.Б. Принципы формирования автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 130-135.
- 8.Зяблов Е.Л., Преображенский Ю.П. Разработка лингвистических средств



интеллектуальной поддержки на основе имитационно-семантического моделирования // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 024-026.

9.Максимов И.Б. Классификация автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 127-129.

10.Воронов А.А., Львович И.Я., Преображенский Ю.П., Воронов В.А. Обеспечение системы управления рисками при возникновении угроз информационной безопасности // Информация и безопасность. 2006. Т. 9. № 2. С. 8-11.

11.Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Использование информационных систем на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 104-106.

12.Гостева Н.Н., Гусев А.В. О возможности увеличения эффективности производства // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 76-78.

13.Львович Я.Е., Преображенский Ю.П., Паневин Р.Ю. Адаптивное управление марковскими процессами в конфликтной ситуации // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 11. С. 170-171.

14.Преображенский Ю.П. О видах информационных систем в организации // В сборнике: Молодежь и системная модернизация страны. Сборник научных статей 3-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 4-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 131-134.

15.Гостева Н.Н., Гусев А.В. Информационные системы в управлении производством // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 58-60.

16.Преображенский Ю.П. Информационная безопасность - вызовы современного мира // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 60-63.

17.Преображенский Ю.П., Мясников О.А. Анализ перспектив информационных технологий в сфере интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 43-45.

18.Маричев А.В., Любимов И.В., Преображенский Ю.П. Вопросы социальной инженерии в корпоративной информационной безопасности // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 64-67.



Chapter 10.

1. Лямзин А. А., Хара М. В., Украинский Е. А. Механизм обеспечения организационно-экологической устойчивости транспортной системы в среде промышленных зон // Вісник Нац. техн. ун-ту України «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси : зб. наук. праць / НТУ «ХПІ». Харків, 2016. N 7 (1179). С. 91–95.

2. Губенко В. К., Хара М. В., Лямзин А. А. Логистика надежности и экологичности вагонопотоков промпредприятий ситирайонов : монографія. Донецк : Цифрова типографія, 2014. 383 с.

3. Державна програма використання відходів виробництва і споживання на період до 2015 року. – Постанова КМУ від 28.06.2007 р., № 668

4. Виговська Г. П. Концептуально-методологічні засади вирішення проблеми відходів в Україні [Електронний ресурс]: Матеріали виставки та конференції «WasteECo-2012» / Г.П. Виговська, В.С. Міщенко – Режим доступу: <http://waste.ua/eco/2012/waste-management/ukraine/>

5. Імплементация парадигмы ситілогістичних рішень ефективної транспортної мережі в умовах раціонального природокористування / Міністерство освіти і науки України, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»; керівник Губенко Володимир Костянтинович; викон. : Лямзін А.О. [та ін.]. – Маріуполь, 2014. – 237 с. – ДР. 0113U001330 – Інв. № 0113 U 001330

6. Стале збереження довкілля в умовах розвитку транспортної логістики Приазов'я / Міністерство освіти і науки України, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»; керівник Губенко Володимир Костянтинович; викон. : Лямзін А.О. [та ін.]. – Маріуполь, 2010. – 174 с. – ДР. 0307 U 003331 – Інв. № 0307 U 003331

Chapter 11.

1. Zakharchenko DO Methods for assessing the social significance of the investment project of metallurgical enterprises: author. dis. for science. degree of Cand. econ. Science: special. 08.00.04 "Economics and management of enterprises (by type of economic activity)". - Mariupol, 2008. – 19 p.

2. European Road Transport Research Advisory Council. ERTRAC Road Transport Scenario 2030+ Road to Implementation. URL: https://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id23/ERTRAC_Scenario_2030_Sum



mary.pdf

3. Marushevskiy G. Environmental policy integration in transport policy in EU and Ukraine. *Government Management*. – P. 87–91. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/6_2016/17.pdf.

4. Jermyn H. Proposed Evaluation Framework for the Arts Council of England's *Social Inclusion Research Programme*. URL: <http://www.artscouncil.org.uk/news/index.html>.

5. Social Impact Study of Millennium Awards, Millennium Commission, London: Annabel Jackson Associates, 2000. – 266 p.

6. Porter M. E. Social progress index 2015: executive summary. URL: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/About-Deloitte/gx-cr-social-progress-index-executive-summary-2015.pdf>.

Chapter 12.

1. Hollnagel E. From FRAM (Functional Resonance Accident Model). - École des Mines de Paris – Centre for Research on Risk and Crises (CRC). – ParisTech, 2008.

2. Braithwaite J., Wears R. L., Hollnagel E. Resilient health care: turning patient safety on its head. - *International Journal for Quality in Health Care*, 27 (5), 2015, - pp. 418–420.

3. Anderson J. E., Kodate N. Learning from patient safety incidents in incident review meetings: Organisational factors and indicators of analytic process effectiveness. - *Safety Science*, 80, 2015, - pp. 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.07.012>

4. Clay-Williams R., Hounsgaard J., Hollnagel E. Where the rubber meets the road: using FRAM to align work-as-imagined with work-as-done when implementing clinical guidelines. - *Implementation Science*, 10 (1), 2015, - p 125.

5. Pickup L., Atkinson S., Hollnagel E. and et al. Blood sampling - two sides to the story. - *Applied Ergonomics*, 59, 2017, - pp. 234–242

6. Raben D. C., Bogh S. B., Viskum B. and et al. Proposing leading indicators for blood sampling: application of a method based on the principles of resilient healthcare. - *Cognition, Technology & Work*, 19 (4), 2017, - pp. 809–817.

7. Herrera I. A., Woltjer R. Comparing a multi-linear (STEP) and systemic (FRAM) method for accident analysis. - *Reliability Engineering and System Safety*, 95 (12), 2010, - pp. 1269–1275. DOI: 10.1016/j.ress.2010.06.003



8. Rutkowska P., Krzyżanowski M. FRAM modelling of the transfer of control over aircraft. - Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport, 101, 2018, - pp. 159-166.

9. Davis J. P., Hall J. W. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. - Decision Support Systems, 35 (3), 2003, - pp. 415–433.

10. Sakno O. P. Managing resources tires of transport by improving monitoring tread wear [Text]: Dis. ... candidate. Sc. Sciences: 05.22.20 Lugansk, 2013, - p. 216 (in Ukrainian).

11. Mahmoudi F., Mohamed S., Tonmoy F. Analysing the Resilience of Hospitals' Surge Procedures Using the Functional Resonance Analysis Method. - The 10th International Conference on Engineering, Project, and Production Management, Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2020. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1910-9_10

Chapter 13.

1. Асланов А. М., Солодовник М. С. Исследование интеллектуального подхода в маршрутизации компьютерных сетей // Электротехнические и компьютерные системы. 2014. № 16 (92). 93–100.

2. Коваленко Т. А. Разработка и исследование интегрированной системы маршрутизации в компьютерных сетях : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.15. Самара : СГУ, 2012. 16 с.

3. Колесников К. В., Карапетян А. Р., Курков А. С. Нейросетевые модели оптимизации маршрутов доставки данных в динамических сетях // Международный научный журнал. 2015. № 6. 74–77.

4. Колесніков К. В., Карапетян А. Р., Баган В. Ю. Аналіз результатів дослідження реалізації задачі маршрутизації на основі нейронних мереж та генетичних алгоритмів // Вісн. Черкас. держ. технол. ун-ту. Серія: Технічні науки : зб. наук. пр. Черкаси, 2016. № 1. 28–34.

5. Павленко А. И., Титов Ю. П. Сравнительный анализ модифицированных методов муравьиных колоний // Прикладная информатика. 2012. № 4 (40). 100–112.

6. Павленко М. А. Анализ возможностей искусственных нейронных сетей для решения задач однопутевой маршрутизации в ТКС // Проблемы телекоммуникацій. 2011. № 2 (4).



7. Павленко М. А., Романюк А. А., Яковлев В. Ю. Решение задачи маршрутизации на основе использования нейронной сети Хопфилда с разработкой функции Ляпунова с заданными свойствами // Проблемы телекоммуникаций. 2012. № 2 (7). 43–57.

8. Пахомова В. М., Міщанюк Л. О. Інтелектуальна підсистема вибору раціональних маршрутів вантажних потягів // Штучний інтелект. 2013. № 1. 245–252.

9. Пахомова В. М., Лепеха Р. О. Аналіз методів з природними механізмами визначення оптимального маршруту в комп'ютерній мережі Придніпровської залізниці // Інформ.-керуючі системи на залізничн. транспорті. 2014. № 4. 82–91.

10. Пахомова В. М. Дослідження інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту : монографія. Дніпро : «Стандарт-Сервіс», 2018. 173-178. ISBN 978-617-7382-14-9

11. Погорілий С. Д., Білоус Р. В. Генетичний алгоритм розв'язання задачі маршрутизації в мережах // Проблеми програмування. 2010. № 2–3. 171–178.

12. Реалізація задачі вибору оптимального авіамаршруту нейронною мережею Хопфілда / А. М. Бриндас, П. І. Рожак, Н. О. Семенишин, Р. Р. Курка // Наук. вісн. НЛТУ України : зб. наук.-техн. пр. Львів, 2016. Вип. 26.1. 357–363.

13. Штовба С. Д. Муравьиные алгоритмы // Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2003. № 4 (4). 70–75.

14. Dorigo M., Gambardella L. M. Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem // IEEE Trans. on Evolutionary Computation. 1997. Vol. 1. Iss. 1. 53-66. DOI: 10.1109/4235.585892

15. Hopfield J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // Proceedings of National Academy of Sciences. 1982. Vol. 79. Iss. 8. 2554–2558. DOI: 10.1073/pnas.79.8.2554

16. Neural Network Based Near-Optimal Routing Algorithm / Chang Wook Ahn, R. S. Ramakrishna, In Chan Choi, Chung Gu Kang // Neural Information Processing – ICONIP'02 : Proc. of the 9th Intern. Conf. (18–22 Nov. 2002). Singapore, 2002. 1771–1776.

17. Pakhomova V. M., Tsykalo I. D. Optimal route definition in the network based on the multilayer neural model // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпровського національного університету залізничного транспорту. 2018. № 6 (78). 126–142. DOI: 10.15802/stp2018/154443

18. Pakhomova V. M., Skaballanovich T. I., Bondareva V. S. Intelligent routing



in the network of information and telecommunication system of railway transport // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпровського національного університету залізничного транспорту. 2019. №2(80). 77–90. DOI: 10.15802/stp2019/166092

19. Pakhomova V. M., Mandybura E. S. Optimal route definition in the railway information network using neuralfuzz models // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпровського національного університету залізничного транспорту. Дніпро, 2019. № 5 (83). 81–98. DOI: 10.15802/stp2019/184385

20. Schuler W. H., Bastos-Filho C. J. A., Oliveira A. L. I. A novel hybrid training method for hopfield neural networks applied to routing in communications networks // International Journal of Hybrid Intelligent Systems. 2009. Vol. 6. Iss. 1. 27–39. DOI: 10.3233/his-2009-0074

Chapter 14.

1 Articulate building designs with high level of clarity and communication as per AIA standards to enhance communication. / Hi-Tech House, Near Gurukul Tower URL: <https://www.hitechcaddservices.com/bim/support/level-of-development-lod/> Дата звернення 29.03.2020.

2 Иопа Н.И. Информатика (для технических специальностей) : учебное пособие / Н.И. Иопа. — М. : КНОРУС, 2011. — 472 с.

3 Егупов К.В. Структура и этапы динамической паспортизации зданий// Егупов К.В., Мурашко А.В., Адамов О.В., Безушко Д.И./ Вісник ОДАБА Випуск №52, Одеса Зовнішрекламсервіс.- 2013, С.95-99.

4 Egupov K. Development of a method to calculate the probability of a berth failure under vertical stochastic load // Egupov K., Postan M., Bezushko D./ Eastern-European Journal of Enterprise Technologies VOL 1, NO 3 (97) (2019). DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155121>.

5 Ding L., Zhou Y., Akinci B. Building Information Modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable // Automation in construction. 2014. Volume 46. P. 82-93.

6 Вырганенко К.Н. Использование BIM технологий в архитектурном проектировании на примере программного комплекса REVIT ARCHITECTURE // Вырганенко К.Н.\ СФУ, 2012. 5с. [Режим доступа - <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section02.html>].

7 Безушко Д.І. Методи визначення важливості інформації при створенні



інформаційної моделі споруди // *Modern engineering and innovative technologies*
Issue 12. Part 2. - Karlsruhe, Germany, 2020. P.100-105.

Chapter 15.

1. Яхно О.М. Напірні потоки зі змінними характеристиками: монографія / О.М. Яхно, В.В. Чернюк, Р.М. Гнатів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 408 с.

2. Ерёмкин А.И. Локальное кондиционирование вытесняющего типа текстильных предприятий: монография / А.И. Ерёмкин. - Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2006. – 390 с.

3. Hassan Jafar M. Modeling the Uniformity of Manifold with Various Configurations / Jafar M. Hassan, Thamer A. Mohamed, Wahid S. Mohammed, Wissam H. Alawee. // *J. Fluids*. – 2014. ID 325259, 8 p. – (<http://dx.doi.org/10.1155/2014/325259>).

4. Чернюк В.В. Оптимизация капельного орошения введением в воду добавок полиакриламида / В.В. Чернюк // Труды Республиканской научно-технической конференции “Повышение эффективности использования мелиорированных земель”. – Часть 1. – Ровно: Украинский институт инженеров водного хозяйства. – 1984. – С. 61.

5. Fukutomi Kiyoshi. A study of the elongational flow of dilute polymer solutions. Estimation of the elongational stresses by utilizing pressure drops with orifice flows / Kiyoshi Fukutomi, Tomiichi Hasegawa // *Trans. Jap. Soc. Mech. Eng. B*. – 1988. – Vol.54, №503. – P. 1611-1615. (Реферативный журнал *Механика*. – 1989, № 4Г; 4Г.188)

6. Чернюк В.В. Уменьшение неравномерности путевой раздачи воды из напорного трубопровода с помощью добавок полиакриламида / В.В. Чернюк, В.И. Орел // *Экватэк-2006: Седьмой международный конгресс “Вода: экология и технология”*. – Москва, 30 мая – 2 июня 2006 г. – Материалы конгресса. – 2 с.

7. Чернюк В.В. Вплив додатків поліакриламід у напірному трубопроводі на нерівномірність дискретної шляхової роздачі води з напірного трубопроводу / В.В. Чернюк, В. І. Орел // *Промислова гідроліка і пневматика*. – 2006. – № 4 (14). – С. 37-40.

8. Chernyuk Volodymyr V. Experimental Verification of a New Method of Calculation for Pressure Distributive Pipelines / Volodymyr V. Chernyuk, Vadym I. Orel // *Zeszyty Naukowy Politechniki Rzeszowskiej*. – Z.54. Budownictwo i Inżynieria Środowiska. – 2009. – Nr 266. – S. 27-34.

9. Константинов Ю.М. Специальные вопросы гидравлики систем



водоснабження и водоотведения: Учебное пособие / Ю.М. Константинов. – Киев: Киевский инженерно-строительный институт, 1981. – 96 с.

10. Ромащенко М.І. Системи краплинного зрошення: навчальний посібник / М.І. Ромащенко, В.І. Доценко, Д.М. Онопрієнко, О.І. Шевелєв; За редакцією М.І. Ромащенко. – Дніпропетровськ: ООО ПКФ “Оксамит-текст”, 2007. – 175 с.

11. Chernyuk V.V. Influence of Polyacrylamide Additions on the Head Loss in Abrupt Contractions and Expansions of Pipes / V.V. Chernyuk, B.S. Pitsishin, V.I. Orel, V.M. Zhuk // *Inzhenerno-Fizicheskii Zhurnal*. – 2002. – Vol. 75, Issue 4. – P. 115-122. (<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0036914875&partnerID=MN8TOARS>).

12. Povkh L.I. An experimental investigation of the effect of a polyacrylamide additive on the pressure drop in an expansion / L.I. Povkh, V.V. Chernyuk // *Journal of Engineering Physics*. – 1986. – Vol. 51. – P. 1001–1004 (<https://doi.org/10.1007/BF00870885>).

13. Науменко І.І. Технічна механіка рідини і газу. Підручник / І.І. Науменко. – Рівне: НУВГП, 2009. – 376 с.

14. Чернишов Д.О. Вплив гідродинаміки потоку на характеристики роботи розподільчих трубопроводів: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: спеціальність 05.23.16 “Гідравліка і інженерна гідрологія” / Д.О. Чернишов // Київський національний університетт будівництва і архітектури. – Київ, 2005. – 20 с.

15. Khalil M.F. Applications of drag-reducing polymers in sprinkler irrigation systems: Sprinkler head performance / M.F. Khalil, S.Z. Kassab, A.A. Elmilgui, F.A. Naoum // *Journal of irrigation and drainage engineering*. – may/june 2002. – P. 147-152. ([https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2002\)128:3\(147\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2002)128:3(147)))

16. Darko R.O. Overview of advances in improving uniformity and water use efficiency of sprinkler irrigation / R.O. Darko, S.Q. Yuan, J.P. Liu, H.F. Yan, X.Y. Zhu // *Int. J. Agric. & Biol. Eng.* – 2017; 10(2): P. 1–15. (DOI: 10.3965/j.ijabe.20171002.1817)

17. Касьянов А.Е. Влияние полиакриламида на разбрызгивание почвы / А.Е. Касьянов, М.С. Зверьков // *Природообустройство*. – 2015. – №3. – С. 30-34.

18. Хомко Н.Ю. Застосування поліакриламід у структуруванні ґрунту / Н. Ю. Хомко // *Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2017р.* – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2017. – С. 101.



SCIENTIFIC EDITION

MONOGRAPH
ERBE DER EUROPÄISCHEN WISSENSCHAFT
TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK, SICHERHEIT, VERKEHR, ARCHITEKTUR
HERITAGE OF EUROPEAN SCIENCE
ENGINEERING AND TECHNOLOGY, INFORMATICS, SECURITY, TRANSPORT,
ARCHITECTURE

MONOGRAPHIC SERIES «EUROPEAN SCIENCE»
BOOK 2. PART 3

Authors:

Bezushko D. (14), Bilous R.V. (6), Bondareva V.S. (13), Borysova T.M. (11),
Bozhko S.D. (3), Cherniuk V. (15), Chernyshova A.N. (3), Chervonyi I.F. (1),
Choporov O.N. (7), Dovbenko V.V. (1), Ershova T.A. (3), Ferdman H.P. (8),
Khara M. (10), Klimenko Y.A. (7), Kolesnikova T.N. (12), Kvitka N.Y. (2),
Lvovich I.Y. (7), Lvovich Y.E. (9), Lyamzin A. (10), Monastyrskiy G.L. (11),
Myronenko O.V. (5), Nykolyn P.M. (4), Nykolyn U.M. (4), Orel V. (15),
Pakhomova V.N. (13), Preobrazhenskiy A.P. (7,9), Preobrazhenskiy Y.P. (9),
Romaniuk Y.F. (4), Sakno O.P. (12), Skaballanovich T.I. (13), Solomchak O.V. (4),
Verkhovliuk A.M. (1), Vietrov O.S. (6), Stovpets O.V. (17), Sukonna N.G. (5),
Tolstonos O. (9), Vasylieva S. (14)

The scientific achievements of the authors of the monograph were also reviewed and recommended for publication at the international scientific symposium
«**Erbe der europäischen Wissenschaft /**
Heritage of European science»
(July 30-31, 2020)

The monograph is included in
International scientometric databases

Service sheet 11.39
Circulation 500 copies.
Signed: September 20, 2020

Published:
SWorld-Net Akhat AV
Lußstr 13,
Karlsruhe, Germany

in conjunction with Institute «SEIE»

e-mail: orgcom@sworld.education
www.sworld.education



Publisher is not responsible for accuracy
information and scientific results presented in the monograph

ISBN 978-3-982178-35-6



9 783982 178356



