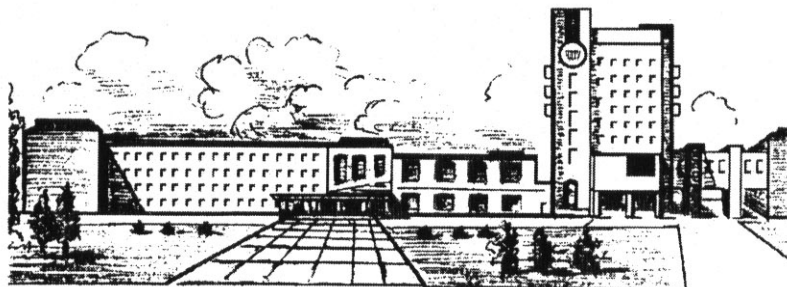


ISSN 2411-5363

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



# ***ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ***

***НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ***

***№ 2 (4)***

Чернігів 2016

УДК 62:67.05

ББК 30.1:30.6

Т38

Друкуються за рішенням вченої ради Чернігівського національного технологічного університету (протокол № 6 від 29.06.2016 р.). Науковий журнал «Технічні науки та технології» внесено до переліку наукових фахових видань України, затвердженого Наказом Міністерства освіти і науки України від 13.07.2015 р. № 747.

З 2013 року входить до міжнародної наукометричної бази даних eLIBRARY.RU (ліцензійний договір № 246-04/2013 від 29 квітня 2013 року).

**Технічні науки та технології** : науковий журнал / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2016. – № 2 (4). – 264 с.

У цьому випуску журналу «Технічні науки та технології» вміщено статті, присвячені теоретичним та експериментальним дослідженням у галузях технічних наук: механіки, інтегрованих технологій машинобудування та автотранспорту, технологій зварювання, інформаційно-комп'ютерних технологій, енергетики, технологій деревообробної, легкої і харчової промисловості, технологій охорони праці та природокористування. Статті написані науковцями, аспірантами, магістрантами та студентами і прорецензовані провідними вченими вищих технічних навчальних закладів та закладів НАН України.

Журнал «Технічні науки та технології» буде корисним для науковців різних галузей технічних наук, науково-технічних працівників, аспірантів, магістрантів та студентів вищих технічних навчальних закладів.

**УДК 62:67.05**

**ББК 30.1:30.6**

**Головний редактор:**

Казимир В.В., доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи.

**Заступник головного редактора:**

Пилипенко О.І., доктор технічних наук, професор.

**Члени редакційної колегії:**

Болотов Г.П., доктор технічних наук, професор;

Вархола Міхал, професор, Президент Академічного співтовариства Михайла Балудянського, Словаччина;

Волков І.В., доктор технічних наук, професор;

Денисов Ю.О., доктор технічних наук, професор;

Дубенець В.Г., доктор технічних наук, професор;

Дудла І.О., доктор технічних наук, доцент;

Кальченко В.І., доктор технічних наук, професор;

Кальченко В.В., доктор технічних наук, професор;

Литвинов В.В., доктор технічних наук, професор;

Сенько В.І., доктор технічних наук, професор;

Сиза О.І., доктор технічних наук, професор;

Скоробогатова В.І., доктор технічних наук, професор;

Харченко Г.К., доктор технічних наук, професор;

Чередніченко П.І., доктор технічних наук, професор;

Dmitri Vinnikov, Doctor of Science, Senior Researcher, Head of Power Electronics R&D Group, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia;

Enrique Romero-Cadaval, Doctor of Science, Professor, Main Researcher in Power Electrical & Electronic Systems R&D Group, University of Extremadura, Badajoz, Spain;

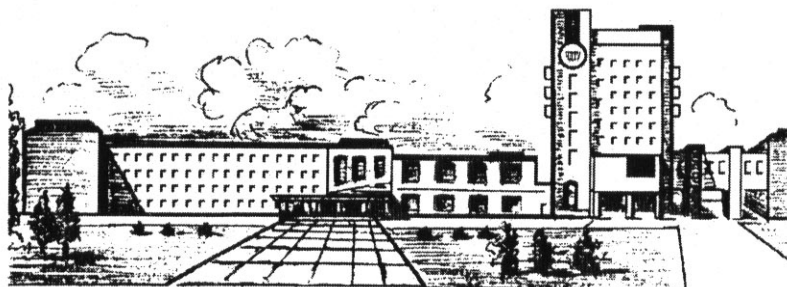
Ilya Galkin, Doctor of Science, Professor, Editor in-Chief of the Scientific Journal "Electrical, Control and Communication Engineering", Riga Technical University, Riga, Latvia;

John N. Davies, Professor, Department of Computer Science, Glyndwr University, Wrexham, U.K.;

Zheleznyak Mark, Professor, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Japan.

ISSN 2411-5363

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
CHERNIHIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**



# ***TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES***

***SCIENTIFIC JOURNAL***

***ISSUE № 2 (4)***

Chernihiv 2016

UDC 62:67.05  
LBC 30.1:30.6

Published by the decision of the Academic Council of the Chernihiv National University of Technology (protocol № 6 dated 29.06.2016). Scientific journal “Technical sciences and technologies” is included into the list of scientific specialized editions of Ukraine, approved by the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated July 13, 2015 № 747.

Since 2013 has been included in the international scientometric database eLIBRARY.RU (license agreement № 246-04/2013 dated April 29, 2013).

**Technical sciences and technologies** : scientific journal / Chernihiv National University of Technology. – Chernihiv : Chernihiv National University of Technology, 2016. – № 2 (4). – 264 p.

The articles on theoretical and experimental research in the field of Technical science: mechanics, integrated technologies of machinebuilding and motor transport, welding technologies, information and computer technologies, power engineering, technologies of woodworking, light and food industry, technologies of labor protection and natural resource management have been published in this issue of the Scientific journal “Technical sciences and technologies”. The articles are written by the scientists, postgraduates, masters students, students and are reviewed by the leading scientists of higher technical educational establishments and the institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine (NAS).

Journal “Technical sciences and technologies” will be useful for the scientists in different fields of technical sciences, scientific and technical workers, postgraduates, master students and students of higher technical educational establishment.

**UDC 62:67.05**  
**LBC 30.1:30.6**

***Editor in chief:***

Kazymyr V.V., Vice-rector for scientific work, Doctor of Technical Sciences, Professor.

***Deputy Editor in chief:***

Pilipenko O.I., Doctor of Technical Sciences, Professor.

***Members of the Editorial Board:***

Bolotov H.P., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Varchola Michel, Professor, President of the Academic society of Michal Baludansky, Slovakia;

Volkov I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Denysov Yu.A., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Dubenets V.H., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Dudla I.O., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;

Kalchenko V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Kalchenko V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Lytvynov V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Senko V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Syza O.I., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Skorobohatova V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Kharchenko H.K., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Cherednichenko P.I., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Dmitri Vinnikov, Doctor of Science, Senior Researcher, Head of Power Electronics R&D Group, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia;

Enrique Romero-Cadaval, Doctor of Science, Professor, Main Researcher in Power Electrical & Electronic Systems R&D Group, University of Extremadura, Badajoz, Spain;

Ilya Galkin, Doctor of Science, Professor, Editor in-Chief of the Scientific Journal “Electrical, Control and Communication Engineering”, Riga Technical University, Riga, Latvia;

John N. Davies, Professor, Department of Computer Science, Glyndwr University, Wrexham, U.K;

Zheleznyak Mark, Professor, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Japan.



## ЗМІСТ

## РОЗДІЛ I. МЕХАНІКА

<i>Пилипенко О., Полуян А.</i> Алгоритм расчёта и подбора оптимальных параметров многомассовой цепной передачи .....	9
--	---

РОЗДІЛ II. ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОТРАНСПОРТУ

<i>Федориненко Д., Космач О., Безручко В., Сапон С.</i> Експериментальне оцінювання енергоефективності процесів механічного оброблення на верстатах.....	16
<i>Боханов І., Крячок С., Мамонтова Л.</i> Аналіз інформаційного забезпечення автомобільної навігації .....	23
<i>Кривий П., Кобельник В., Крупа В., Яковлев В.</i> Розточувальні інструменти з попарно-асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких циліндричних отворів .....	28
<i>Крячок С., Боханов І., Мамонтова Л.</i> Вплив розміру відбивної поверхні рефлектора на точність вимірювання відстані електронним тахеометром.....	36
<i>Шаповалов О., Колесник Д., Журахов О., Болотов Г.</i> Історія та тенденції розвитку колісних броньованих бойових машин .....	42

## РОЗДІЛ III. ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ

<i>Березін Л., Прибитько І., Ганєєв Т.</i> Вплив фізичного контакту на утворення зварного з'єднання в твердій фазі діелектриків з металами.....	49
---	----

## РОЗДІЛ IV. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Косолап А., Довгополая А.</i> Оптимізація надійності складних технічних систем при обмежених ресурсах на їх обслуговування .....	58
<i>Акименко А., Бивойно Т.</i> Автоматизована система рейтингування викладачів Чернігівського національного технологічного університету.....	62
<i>Бальченко І.</i> Проблеми розроблення неоднорідних розподілених систем управління базами даних .....	67
<i>Беспалько Р., Ярова Ю.</i> Впровадження інфраструктури геопросторових даних за директивою inspire .....	72
<i>Гур'єв В., Фірсова І.</i> Технології хмарних обчислень у ВНЗ України .....	76
<i>Зарицький О.</i> Дослідження взаємного впливу структурних елементів інформаційних моделей компетенцій та професійної діяльності .....	81
<i>Іванець С., Красножон О.</i> Пошук оптимальної степеневі апроксимації поверхні керування для системи відстеження точки максимальної потужності фотоелектричного перетворювача.....	91
<i>Коваленко С.</i> Графічна складова професійної компетентності майбутнього інженера-будівельника .....	104
<i>Корнієнко І., Корнієнко С., Кошма А.</i> Моделювання інтенсивності надходження твердих побутових відходів до контейнерних майданчиків .....	110
<i>Корнієнко І., Розумець В.</i> Система оцінювання якості топографічних планшетів .....	118
<i>Нестеренко С., Акименко А., Герасименко О., Камак Ю., Геращенко М.</i> Функціональна стратифікація структур систем керування безпілотних авіаційних комплексів.....	123
<i>Терещук О., Нисторяк І.</i> Застосування сучасних технологій оброблення та аналізу результатів GNSS-спостережень на регіональному рівні .....	130
<i>Щербак Ю., Бринь М.</i> Аналіз геодезичного забезпечення земельного кадастру в Україні.....	140
<i>Лактіонов О., Сільвестров А.</i> Механізми реалізації автоматизованої системи оцінювання рівня компетенції на промислових підприємствах України та її місце в системі управління людськими ресурсами.....	144

<i>Нехай В.</i> Ґрунт як об'єкт інформаційних технологій моделювання та прогнозування .....	150
<i>Казумур V., Мокрохуз А.</i> Information technologies of mobile applications development .....	156
<i>Нікітенко Ye., Веровко М.</i> Features of the design of software products for online marketing services .....	163

#### РОЗДІЛ V. ЕНЕРГЕТИКА

<i>Вишневський С., Бойко С., Городній О.</i> Формування інтегрального показника неоднорідності електромереж з довгими лініями електропередачі .....	169
<i>Войтенко В., Яценко С.</i> Система керування для дослідження інтелектуальних баластів світловипромінювальних діодів .....	175

#### РОЗДІЛ VI. ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБНОЇ, ЛЕГКОЇ ТА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

<i>Бойко С., Єрошенко А.</i> Моделювання фізико-механічних властивостей модифікованої деревини методом скінчених елементів .....	184
<i>Воробьева В., Чигиринец Е., Ефимова В., Пилипенко Т., Василькевич А., Пичахчи В.</i> Изучение компонентного состава биологически активных соединений спиртового экстракта гребней винограда .....	189
<i>Головач В., Баранова О.</i> Вплив характеристик дефектів фанери на коефіцієнт гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика .....	195
<i>Єрошенко А., Бойко С.</i> Дослідження фізико-механічних властивостей деревинних композиційних матеріалів .....	199
<i>Соломаха І., Жабинська А.</i> Вплив методів зберігання на якість цибулевих овочів .....	204
<i>Подковко О., Поліщук Г., Гурєєва В.</i> Наукове обґрунтування складу солодковершкової масляної пасти .....	212

#### РОЗДІЛ VII. ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

<i>Денисов Ю., Денисова Н.</i> Влияние электромагнитного излучения на состояние здоровья работников электроэнергетических предприятий .....	217
<i>Купчик О., Дерій Ж.</i> Екологічний стан придорожньої смуги за біоіндикаційними та хімічними показниками .....	221
<i>Мовенко В., Новик П.</i> Організація територій природоохоронного призначення Чорнобильської зони .....	228
<i>Наровлянська О.</i> Моніторинг земель сільськогосподарського призначення територіальної одиниці .....	238
<i>Бугай В., Іванишин В., Дудко В.</i> Інженерно-геологічні дослідження ділянки під будівництво п'ятиповерхового житлового будинку на вулиці незалежності в III мікрорайоні масиву «Масани» в м. Чернігові .....	245

<b>ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАЧІ РУКОПИСІВ НАУКОВИХ СТАТЕЙ</b> .....	256
---	-----

## CONTENT

## SECTION I. MECHANICS

<i>Pilipenko O., Poluyan A.</i> Algorithm of calculation and selection of optimal parameters of multimass chain transmission .....	9
--	---

## SECTION II. INTEGRATED TECHNOLOGIES OF MACHINEBUILDING AND MOTOR TRANSPORT

<i>Fedorynenko D., Kosmach O., Bezruchko V., Sapon S.</i> Experimental evaluation of energy processes of CNC machining .....	16
<i>Bokhanov I., Kriachok S., Mamontova L.</i> Analysis information support in in-car navigation maps ..	23
<i>Kryvyi P., Kobelnyk V., Krupa V., Yakovlev V.</i> Boring tools with conjugate-asymmetric allocation of cutters for machining of deep cylinder holes .....	28
<i>Kryachok S., Bohanov I., Mamontova L.</i> The influence of the size of the reflecting surface of the reflector on the accuracy of distance measurement by electronic total station .....	36
<i>Shapovalov O., Kolesnik D., Zhurakhov O., Bolotov G.</i> History and trends of development of the wheeled armored fighting machines .....	42

## SECTION III. WELDING TECHNOLOGIES

<i>Berezin L., Prybytko I., Hanieiev T.</i> Physical contact influence on formation of the welding connection in hard phase of dielectrics with metals .....	49
--	----

## SECTION IV. INFORMATION AND COMPUTER TECHNOLOGIES

<i>Kosolap A., Dovgopola A.</i> Optimization of reliability of complex technical systems with limited resources for their service .....	58
<i>Akymenko A., Bivoyno T.</i> Automated system for teachers' rating in Chernihiv National University of Technology .....	62
<i>Balchenko I.</i> Issues of development of heterogeneous distributed database management systems .....	67
<i>Bespalko R., Yarova Yu.</i> Implementation of geospatial data infrastructure by the inspire directive .....	72
<i>Guryev V., Firsova I.</i> Cloud computing in universities of Ukraine .....	76
<i>Zaritskyi O.</i> Study of mutual influence of the structural elements of information models competences and professional activities .....	81
<i>Ivanets S., Krasnozhon O.</i> The search for an optimal degree approximation of the surface control for maximum power point tracking system of photovoltaic converter .....	91
<i>Kovalenko S.</i> Graphic part of professional competence of a future civil engineer .....	104
<i>Korniienko I., Korniienko S., Koshma A.</i> Modeling of intensity of the solid waste flow to container yards .....	110
<i>Korniienko I., Rozumets V.</i> The system of quality evaluation of topographic sheets .....	118
<i>Nesterenko S., Akymenko A., Gerasimenko O., Kamak Yu., Gerashchenko M.</i> Functional stratification of the unmanned aviation vehicles control system's structures .....	123
<i>Tereshchuk O., Nystoriak I.</i> Modern technologies of processing and results analysis of GNSS-observations on the regional level .....	130
<i>Shcherbak Yu., Bryn M.</i> Analysis of geodetic support of land cadaster in Ukraine .....	140
<i>Laktionov O., Silvestrov A.</i> Mechanisms for implementation of automated competency assessment system at the industrial enterprises of Ukraine and its place in the human resource management system .....	144
<i>Nekhai V.</i> Soil as the object of information technologies of modelling and prognosticating .....	150
<i>Kazymyr V., Mokrohuz A.</i> Information technologies of mobile applications development .....	156

<i>Nikitenko Ye., Verovko M.</i> Features of the design of software products for online marketing services.....	163
---	-----

#### SECTION V. POWER ENGINEERING

<i>Vishnevskiy S., Boiko S., Gorodny O.</i> Formation of the integral index of heterogeneity of electric systems with long-range power transmission .....	169
<i>Voytenko V., Yatsenko S.</i> Control system for the research of intelligent ballast of light-emitting diodes .....	175

#### SECTION VI. TECHNOLOGIES OF WOODWORKING, LIGHT AND FOOD INDUSTRY

<i>Boyko S., Yeroshenko A.</i> Modeling of physical and mechanical properties of modified wood by finite elements .....	184
<i>Vorobyova V., Chygyrynets O., Efimova V., Pilipenko T., Vasilkevich A., Pichakhchi V.</i> The research of component composition of biologically active compounds of alcoholic extract of crest grapes .....	189
<i>Golovach V., Baranova O.</i> Influence of plywood defect parameters on the harmonic distortion coefficient of shock sensor output signal .....	195
<i>Yeroshenko A., Boyko S.</i> Study of physical and mechanical properties of wood composites.....	199
<i>Solomakha I., Zhabynska A.</i> Impact of storage methods on quality of bulbous root vegetables .....	204
<i>Podkovko O., Polishchuk H., Gurieieva V.</i> Scientific rationale of butter paste composition .....	212

#### SECTION VII. TECHNOLOGIES OF LABOUR PROTECTION AND NATURAL RESOURCE MANAGEMENT

<i>Denisov Yu., Denisova N.</i> Influence of electromagnetic radiation on the health of workers of electric power enterprises .....	217
<i>Kupchyk O., Derii Zh.</i> The ecological state of wayside stripe according to bioindication and chemical indexes.....	221
<i>Movenko V., Novyk P.</i> Organization of environmental protection areas of the Chernobyl zone.....	228
<i>Narovlianska O.</i> Monitoring of agricultural lands of a territorial unit .....	238
<i>Buhay V., Ivanyshyn V., Dudko V.</i> Geotechnical studies for construction sites of 5-storey residential building on Nezalezhnosti Street in the III district array «Masany» in Chernihiv .....	245

<b>BASIC REQUIREMENTS FOR EXECUTION AND SUBMISSION OF MANUSCRIPTS OF SCIENTIFIC ARTICLES.....</b>	<b>256</b>
---	------------

## РОЗДІЛ I. МЕХАНІКА

УДК 621.855.001.24

*Олег Пилипенко, Анатолий Полуян*

### АЛГОРИТМ РАСЧЁТА И ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОМАССОВОЙ ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧИ

*Олег Пилипенко, Анатолий Полуян*

### АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ТА ПІДБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОМАСОВОЇ ЛАНЦЮГОВОЇ ПЕРЕДАЧІ

*Oleg Pilipenko, Anatolii Poluyan*

### ALGORITHM OF CALCULATION AND SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS OF MULTIMASS CHAIN TRANSMISSION

*Разработан алгоритм расчёта, подбора оптимальных параметров и построения модели многомассовой цепной передачи, который даёт возможность дальнейшего комплексного исследования кинематики, динамики и напряженно-деформированного состояния элементов передачи (пластин внешних и внутренних звеньев цепи в движении) и привода в целом.*

**Ключевые слова:** многомассовые цепные передачи, алгоритм расчёта, подбор оптимальных параметров.

*Рис.: 5. Библ.: 8.*

*Розроблено алгоритм розрахунку, підбору оптимальних параметрів та побудови моделі багатомасової ланцюгової передачі, який дає можливість подальшого комплексного дослідження кінематики, динаміки та напружено-деформованого стану елементів передачі (пластин зовнішніх та внутрішніх ланок ланцюга в русі) та привода в цілому.*

**Ключові слова:** багатомасові ланцюгові передачі, алгоритм розрахунку, підбір оптимальних параметрів.

*Рис.: 5. Бібл.: 8.*

*The algorithm of calculation, selection of optimal parameters and construction of by model of multimass chain transmission is worked out, which enables further complex research of kinematics, dynamics and stress-strained state of elements of transmission (plattins of external and internal links of chain afoot) and drive on the whole.*

**Key words:** multimass chain transmission, algorithm of calculation, selection of optimal parameters.

*Fig.: 5. Bibl.: 8.*

**Постановка задачи и цель статьи.** Невзирая на накопленный опыт в теории и практике [1; 2; 3; 4; 5; 6], существующие методы проектирования не обеспечивают возможности многомассовой цепной передачи сохранять свою работоспособность в течение заданного периода времени при определенных условиях эксплуатации и снижения энергопотребления, поскольку они не учитывают потери на трение в цепном контуре, многомассовость передачи и динамические процессы, неизбежно сопровождающие функционирование такой системы. Следовательно, возникает задача по разработке нового, эффективного подхода к расчету и конструированию многомассовых цепных передач, который будет учитывать трение в шарнирах цепного контура, подбирать параметры передачи, при которых будет обеспечено высокое динамическое качество, сохранение работоспособности при определенных условиях эксплуатации и пониженное энергопотребление.

**Цель статьи** – разработка алгоритма расчёта и подбора оптимальных параметров цепной передачи.

**Методы и результаты.** Исходя из работы [7], коротко охарактеризуем уравнения по определению потерь на трение за один полный оборот шарнира цепного контура передачи:

$$1. \text{ Для одного валика: } P_1 = \frac{\pi d \cdot f}{z_1} \cdot P \cdot \frac{n_1 z_1}{W} = \frac{\pi d \cdot f n_1}{W} \cdot P.$$

2. В течение поворота одного внутреннего звена на ведомой звёздочке:

$$P_2 = \frac{\pi d \cdot f}{z_2} \cdot P_{m2} \left( \frac{n_2 z_2}{W} \right) = \frac{\pi d \cdot f n_2}{W} \cdot P_{m2} = \frac{\pi d \cdot f n_2}{W} \cdot P \left[ \frac{\cos(\gamma_{w2}) - \cos\left(\gamma_{w2} + \frac{2\pi}{z_2}\right)}{\frac{2\pi}{z_2} \sin\left(\gamma_{w2} + \frac{2\pi}{z_2}\right)} \right].$$

3. Для звена, входящего в зацепление:

$$P_3 = \frac{\pi d \cdot f}{z_1} \cdot P_{m1} \cdot \frac{n_1 z_1}{W} = \frac{\pi d \cdot f n_1}{W} \cdot P \cdot \left[ \frac{\cos(\gamma_{w1}) - \cos\left(\gamma_{w1} + \frac{2\pi}{z_1}\right)}{\frac{2\pi}{z_1} \sin\left(\gamma_{w1} + \frac{2\pi}{z_1}\right)} \right].$$

4. Для звена, покидающего ведомую звёздочку:  $P_4 = \frac{\pi d \cdot f}{z_2} \cdot P \cdot \frac{n_2 z_2}{W} = \frac{\pi d \cdot f n_2}{W} \cdot P.$

5. В течение поворота внутреннего звена на ведомой звёздочке имеет место относительное движение между роликом и втулкой:  $P_5 = \frac{\pi d_1 \cdot f_1 n_2}{W} \cdot P_{N2}.$

6. В течение поворота внутреннего звена на ведущей звёздочке имеет место относительное движение между роликом и втулкой:  $P_6 = \frac{\pi d_1 \cdot f_1 n_1}{W} \cdot P_{N1}.$

Потери мощности на трение во всех шарнирах за полный оборот цепного контура двухмассовой цепной передачи представлены в п. 1 Синтеза уравнений расчёта геометрических и силовых параметров цепной передачи (рис. 1), где  $n_1, n_2$  – частоты вращения ведущей и ведомой звёздочек;  $d$  – диаметр валика внешнего звена цепи;  $d_1$  – внешний диаметр втулки внутреннего звена цепи;  $f$  – коэффициент трения качения между валиком и втулкой;  $f_1$  – коэффициент трения скольжения между втулкой и роликом;  $W$  – количество звеньев в цепном контуре;  $z_1, z_2$  – число зубьев ведущей и ведомой звёздочек;  $P$  – сила между валиком и втулкой цепи;  $P_{N1}, P_{N2}$  – средние давления зуба ведущей и ведомой звёздочек;  $u$  – передаточное число;  $\gamma_{w1}, \gamma_{w2}$  – углы зацепления (давления) на ведущей и ведомой звёздочках.

Соответственно потери мощности на трение для многомассовой цепной передачи по существу будут зависеть от количества пар звёздочек и их назначения (натяжная или ведомая), а это, в свою очередь, приводит к созданию соответствующего алгоритма и перехода на автоматизированные расчёты таких систем.

Уравнение по определению коэффициента полезного действия цепной передачи представлены в п.2 Синтеза уравнений расчёта геометрических и силовых параметров цепной передачи (рис. 1), где  $f_{трения}$  – коэффициент трения в шарнире цепи;  $d_{валика}$  – диаметр валика цепи, мм;  $K_d$  – коэффициент, учитывающий динамичность нагружения (линейное, нагружение с толчками, нагружение, сопровождаемое периодическими сильными ударами);  $t$  – шаг цепи, мм;  $q_{цепи}$  – масса 1 метра цепи, кг;  $V$  – скорость движения цепи, м/с;  $g$  – ускорение земного тяготения;  $F_{t(1...i)}$  – окружная сила, действующая в ведущей ветви цепного контура между двумя соседними звёздочками, Н;  $u_{(1-2...i-1-i)}$  – передаточное число между двумя соседними звёздочками;  $z_{1...i}$  – количество зубьев соответствующей звёздочки.

Необходимая мощность двигателя  $P_{дв}$ , Вт [1] приведена в п. 3 Синтеза уравнений расчёта геометрических и силовых параметров цепной передачи (рис. 1), где  $T_i$  – вращательные моменты на звёздочках, Н·м;  $n_i$  – частоты вращения звёздочек,  $хв^{-1}$ ;  $P_{трения}$  – потери мощности на трение во всех шарнирах за полный оборот цепного контура, Вт.

В п. 4 Синтеза уравнений расчёта геометрических и силовых параметров цепной передачи (рис. 1) представлено определение вращательного момента на ведущей звёздочке ( $T_1$ ) и моментов сопротивления на ведомых ( $T_2..T_i$ ), Н·м [1], где  $D_{e(i)}$  – диаметр окружностей выступов зубьев звёздочек, мм.

Срок службы цепи  $C$  по усталостной прочности пластин, в часах [1] представлен в п. 5 Синтеза уравнений расчёта геометрических и силовых параметров цепной передачи (рис. 1), где  $p_{D(max)}$  – максимальное значение допустимого базового давления в шарнире

цепи, МПа;  $p_{(max)}$  – максимальное значение расчётного давления в шарнире цепи, МПа;  $k_u$  – поправочный коэффициент, определяемый в соответствии с выбором типа цепи;  $k_m$  – поправочный коэффициент, определяемый рядностью цепи;  $L_t$  – длина замкнутого цепного контура, выраженная в шагах цепного контура.

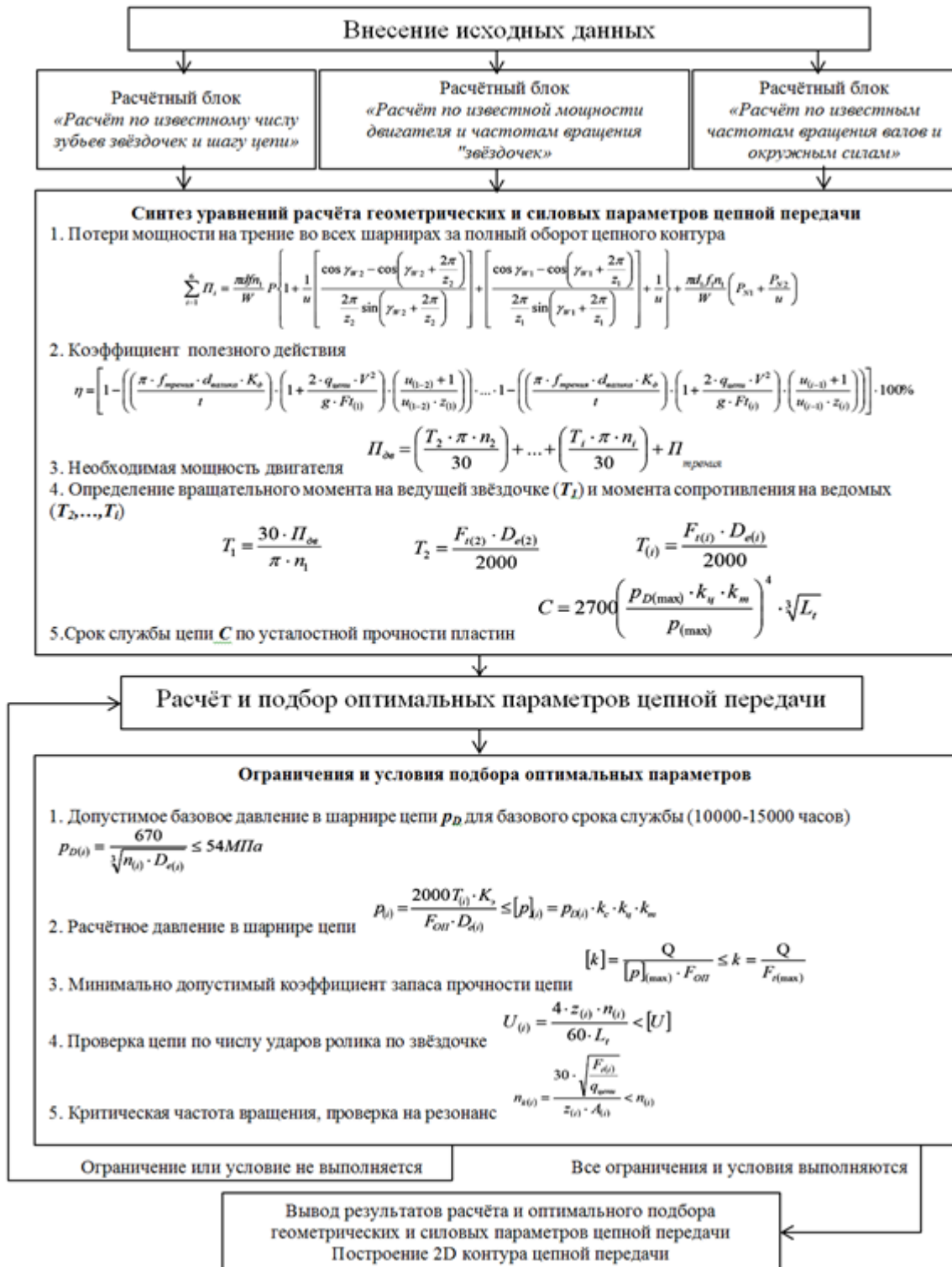


Рис. 1. Алгоритм расчёта и подбора оптимальных параметров многомассовой цепной передачи

В качестве ограничений приняты (пп. 1–5 Ограничений и условий подбора оптимальных параметров, рис. 1): допустимое базовое давление в шарнире цепи  $p_D$  для базового срока службы (10000 – 15000 часов), МПа и расчётное давление в шарнире цепи

[1], где  $K_{Э}$  – коэффициент эксплуатации передачи;  $F_{ОП}$  – проекция опорной поверхности шарнира цепи, мм<sup>2</sup> (по ГОСТу для выбранного типа цепи);  $k_c$  – коэффициент смазки; минимально допустимый коэффициент запаса прочности цепи [1], где  $Q$  – разрушающая нагрузка цепи, Н (по ГОСТу для выбранного типа цепи);  $[p]_{(max)}$  – максимально допустимое давление в шарнире цепи принятого типа при заданном режиме работы, МПа;  $F_{t(max)}$  – максимальная окружная сила, действующая в ведущей ветви цепного контура между двумя соседними звёздочками, Н; число ударов ролика цепи по звёздочке [1], где  $[U]$  – допустимое число ударов, с<sup>-1</sup>; критическая частота вращения и проверка на резонанс [1], где  $A_{(i)}$  – межосевое расстояние между двумя звёздочками, м.

Рассмотрим алгоритм, который будет не только учитывать количество пар звёздочек (парциальных систем), но и рассчитывать и подбирать оптимальные параметры многомассовых цепных передач (рис. 1). Порядок действий следующий.

1. Рассчитываем геометрические и силовые параметры передачи.

2. Синтезируем уравнения геометрических и силовых параметров таким образом, чтобы существовала возможность для расчёта передачи с любым количеством масс (звёздочек), а также поиска наилучшего варианта значения коэффициента полезного действия, учитывая и не нарушая предварительно установленные ограничения.

3. По полученным расчётным данным строим цепной контур передачи.

Перечислим геометрические и силовые параметры цепной передачи, используемые для синтеза и подбора их оптимальных значений: межосевое расстояние, передаточное число, количество зубьев звёздочек, диаметры делительных окружностей звёздочек, скорость движения цепи, диаметры окружностей выступов, допустимое базовое давление в шарнирах цепи, коэффициент эксплуатации, коэффициент смазки цепи, допустимое давление для цепи принятого типоразмера при заданном режиме работы, вращательные моменты на звёздочках передачи, необходимая мощность двигателя, потери мощности на трение в передаче, расчётное давление в шарнирах цепи, полуразницы и полусуммы диаметров делительных окружностей, длины сопрягаемых ветвей цепного контура, углы синфазности, длины дуг обхвата звёздочек цепью, длина замкнутого цепного контура, диаметры окружностей впадин звёздочек, радиус сопряжения ролика, половины углов зубьев звёздочек, углы сопряжения звёздочек с ветвями цепного контура, половины углов впадин звёздочек, радиусы головок зубьев звёздочек, прямой участок профиля зубьев звёздочек, расстояние от центра дуги впадины до центра дуги выступов зубьев звёздочек, смещения центров дуг впадин звёздочек, ширина зубчатого венца звёздочек, радиусы закруглений зубьев в попе-

речном сечении, расстояние от вершины зуба до линии центра дуг закруглений в поперечном сечении, класс точности изготовления звёздочек, срок службы цепи по усталостной прочности пластин, допустимый коэффициент запаса прочности пластин цепи, расчётный коэффициент запаса прочности пластин, коэффициент полезного действия.

Вышеприведенный алгоритм подбора оптимальных параметров многомассовой цепной передачи положен в основу разработанного программного продукта «Расчёт n-массовой цепной передачи» [8], предназначенного для



Рис. 2. Окно старта программного продукта «Расчёт n-массовой цепной передачи»



TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

геометрического, прочностного и оптимизационного расчёта многомассовых цепных передач и проверки их работоспособности при заданных параметрах, построенный по блочному принципу проектирования (рис. 2).

Рассмотрим возможности программного продукта «Расчёт n-массовой цепной передачи». Он содержит три расчётных блока: расчёт по известным числам зубьев звёздочек и шагу цепи (рис. 3), расчёт по известной мощности двигателя и частотам вращения звёздочек (рис. 4) и расчёт по известным частотам вращения валов и окружным силам (рис. 5).

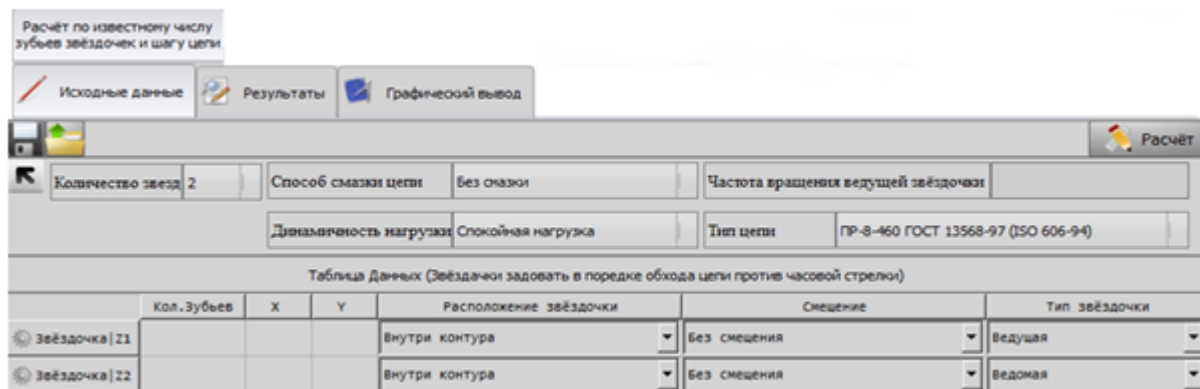


Рис. 3. Расчётный блок «Расчёт по известному числу зубьев звёздочек и шагу цепи»

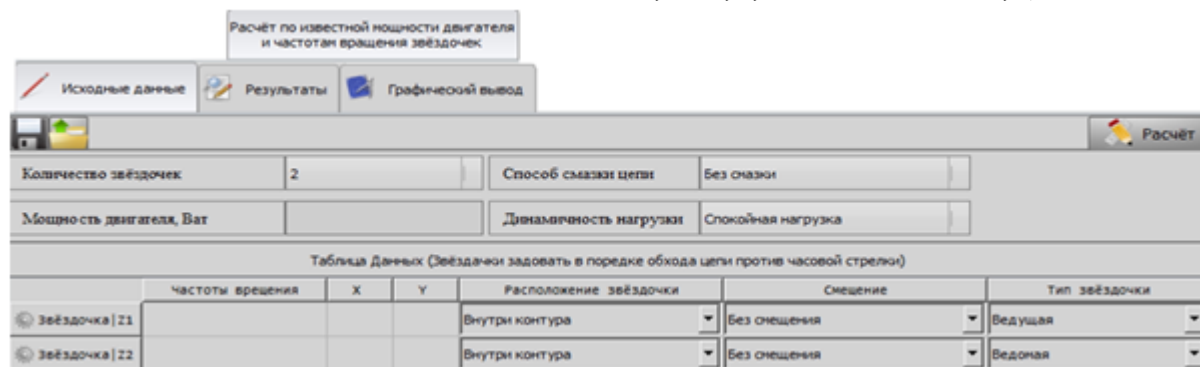


Рис. 4. Расчётный блок «Расчёт по известной мощности двигателя и частотам вращения звёздочек»

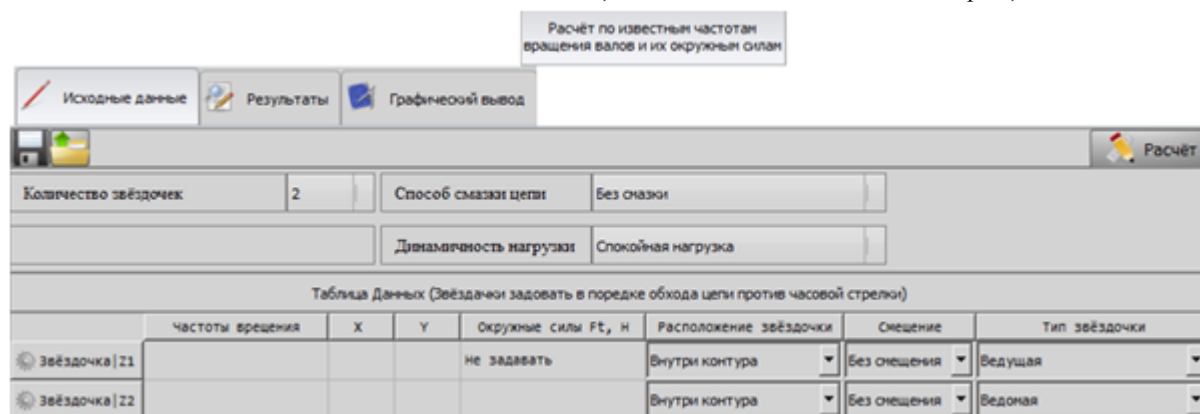


Рис. 5. Расчётный блок «Расчёт по известным частотам вращения валов и окружным силам»

Название блоков ассоциативно подсказывает пользователю, какие исходные данные необходимы для расчёта в избранном блоке. Каждый расчётный блок содержит такие закладки (рис. 3–5): исходные данные, результаты расчётов; графическое построение цепного контура передачи.

Программный продукт даёт возможность сохранения и загрузки, в каждую из форм расчётных блоков, исходных и расчётных данных одновременно. Результаты графиче-

ского построения контура цепной передачи можно сохранить в виде рисунка с расширением \*.png.

Рассмотрим вкратце назначение расчетных блоков. Расчетный блок «*Расчёт по известному числу зубьев звёздочек и шагу цепи*» предназначен для расчёта геометрических, силовых параметров цепной передачи, ее работоспособности, определения максимальной мощности двигателя, исходя из заданных начальных данных (рис. 3): количества звёздочек в цепном контуре; способа смазки цепи (без смазки, периодическая смазка, капельная смазка, непрерывная смазка, циркуляционная или распылителем под давлением); частоты вращения ведущей звёздочки; динамической нагрузки цепного контура (спокойная нагрузка, нагрузка с толчками или нагрузка с сильными ударами); типа цепи (её обозначение); количества зубьев звёздочек; координат расположения звёздочек; расположения звёздочек в цепном контуре (в середине контура или вне контура – извне); смещения центров дуг впадин звёздочек (со смещением или без смещения); типа звёздочек (ведущая, ведомая или натяжная).

Расчётный блок «*Расчёт по известной мощности двигателя и частотам вращения звёздочек*» предназначен для расчёта и поиска оптимального варианта реализации цепной передачи (повышение коэффициента полезного действия, срока службы передачи), исходя из заданных начальных данных (рис. 4): количества звёздочек в контуре; способа смазки цепи (без смазки, периодическая смазка, капельная смазка, непрерывная смазка, циркуляционная или распылителем под давлением); мощности двигателя; динамической нагрузки цепного контура (спокойная нагрузка, нагрузка с толчками или нагрузка с сильными ударами); частоты вращения звёздочек; координат расположения звёздочек; расположения звёздочек в цепном контуре (в середине контура или вне контура – извне); смещения центров дуг впадин звёздочек (со смещением или без смещения); типа звёздочек (ведущая, ведомая или натяжная).

Расчётный блок «*Расчёт по известным частотам вращения валов и окружным силам*» предназначен для расчёта и поиска оптимального варианта реализации цепной передачи (повышение коэффициента полезного действия, срока службы передачи), исходя из заданных начальных данных (рис. 5): количества звёздочек в контуре; способа смазки цепи (без смазки, периодическая смазка, капельная смазка, непрерывная смазка, циркуляционная или распылителем под давлением); динамической нагрузки цепного контура (спокойная нагрузка, нагрузка с толчками или нагрузка с сильными ударами); частоты вращения валов; координат расположения звёздочек; окружных сил, прилагаемых к валам передачи (кроме вала двигателя); расположения звёздочек в цепном контуре (в середине контура или вне контура – извне); смещения центров дуг впадин звёздочек (со смещением или без смещения); типа звёздочек (ведущая, ведомая или натяжная).

Суть расчётных блоков и их отличие. В зависимости от того, какое конструктивное задание ставится и какими исходными данными располагает инженер-конструктор, он выбирает соответствующий расчётный блок.

Первый блок даёт возможность подобрать: максимальную мощность двигателя, определить окружные силы, вращающие моменты, не нарушая при этом условий усталостного разрушения роликов и пластин цепи.

Второй и третий блоки подбирают оптимальные параметры цепного контура и в целом передачи, при этом, так же, как и первый блок, не нарушая условий усталостного разрушения роликов и пластин цепи. Математический аппарат во всех расчётных блоках используется один и тот же.

**Выводы.** Разработан алгоритм расчёта и подбора оптимальных параметров много-массовой цепной передачи и создан программный продукт «Расчёт n-массовой цепной передачи», который учитывает потери мощности на трение в цепной передаче, подби-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

рает её оптимальные параметры, при которых обеспечивается высокое динамическое качество, коэффициент полезного действия, срок службы, осуществляет построение цепного контура передачи и рассчитывает все необходимые данные для построения её пространственной модели.

**Список использованных источников**

1. *Готовцев А. А.* Проектирование цепных передач : справочник / А. А. Готовцев, И. П. Котенок. – М. : Машиностроение, 1982. – 336 с.
2. *Пилипенко О. И.* Контактное взаимодействие элементов цепного привода из полимерных композитов / О. И. Пилипенко // *Mechanika. Wydan. AGH. Tom 9, zesz. 2. Krakow, Polska, 1990.* – S. 91–97.
3. *Пилипенко О. И.* Научные основы и синтез цепных передач : дис. д-ра техн. Наук / О. И. Пилипенко. – Х. : ХГПУ, 1996. – 467 с.
4. *Oleg Pilipenko.* Synthesis of Chain Drives Based on Dynamic Methods, New Materials and Technologies. Machine Design. Monograph. Novi Sad, Serbia, 2007. – P. 307–314.
5. *Пилипенко О. І.* Комплексна автоматизація проектування ланцюгових передач / О. І. Пилипенко, А. В. Полуян // *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія. Технічні науки.* – 2012. – № 4 (61). – С. 5–15.
6. *Пилипенко О. І.* Система автоматизованого проектування ланцюгових передач / О. І. Пилипенко, А. В. Полуян // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка».* – 2012. – № 746. – С. 51–55.
7. *Пилипенко О. І.* Втрати потужності на тертя у ланцюговому електроприводі і його коефіцієнт корисної дії / О. І. Пилипенко, А. В. Полуян // *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія. Технічні науки.* – 2012. – № 2 (57). – С. 5–14.
8. *Свідчення на реєстрацію авторського права на твір № 59073 Комп'ютерна програма «Расчёт n-массовой цепной передачи» / Казимир В. В., Борисов Д. Ю., Пилипенко О. І., Полуян А. В.* – Заявлено 03.02.2015; опубл. 31.03.2015.

**Пилипенко Олег Іванович** – доктор технічних наук, професор, зав. секцією основ конструювання машин кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (ул. Шевченка, 95, г. Чернігів, 14027, Україна).

**Пилипенко Олег Іванович** – доктор технічних наук, професор, зав. секцією основ конструювання машин кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Pilipenko Oleg** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Section Machine Design Fundamentals of Welding Production and Automatized Projecting Building Constructions Department, Chernigiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernigiv, Ukraine).

**E-mail:** opilip@ukr.net

**Полуян Анатолій Вікторович** – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (ул. Шевченка, 95, г. Чернігів, 14027, Україна).

**Полуян Анатолій Вікторович** – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Poluyan Anatolii** – PhD student, Chernigiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernigiv, Ukraine).

## РОЗДІЛ II. ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОТРАНСПОРТУ

УДК 621.9

*Дмитро Федориненко, Олександр Космач, Вячеслав Безручко, Сергій Сапон*  
**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ  
МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ВЕРСТАТАХ**

*Dmytro Fedorynenko, Oleksandr Kosmach, Viacheslav Bezruchko, Serhii Sapon*  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ**

*Dmytro Fedorynenko, Oleksandr Kosmach, Viacheslav Bezruchko, Serhii Sapon*  
**EXPERIMENTAL EVALUATION OF ENERGY PROCESSES OF CNC MACHINING**

*Проведені експериментальні дослідження електричного споживання приводу головного руху прецизійного верстата в режимі холостого ходу, що дозволило встановити фактори та їх загальний внесок в енергоспоживання. Оброблення отриманих результатів досліджень дозволило класифікувати результати досліджень за різними групами, яким відповідають різне енергетичне споживання приводу головного руху в режимі холостого ходу. Основним фактором, який впливає на енергетичне споживання приводу головного руху верстата в режимі холостого ходу, є частота його обертання.*

**Ключові слова:** верстат, двигун, потужність, напруга, струм, споживання, привод.

*Рис.: 4. Табл.: 1. Бібл.: 6.*

*Проведенные экспериментальные исследования электрического потребления привода главного движения прецизионного станка в режиме холостого хода, что позволило установить факторы и их общий вклад в энергопотребление. Обработка полученных результатов исследований позволила классифицировать результаты исследований по различным группам, которым соответствуют разному потреблению энергии привода главного движения в режиме холостого хода. Основным фактором, влияющим на потребление энергии привода главного движения станка в режиме холостого хода, является частота его вращения.*

**Ключевые слова:** станок, двигатель, мощность, напряжение, ток, потребление, привод.

*Рис.: 4. Табл.: 1. Библ.: 6.*

*Experimental study of electrical consumption of the main motion of precision machine in an idling mode, which revealed factors and their contribution to the overall power consumption was conducted. Processing of the results of research allowed classifying the results of studies by various groups that represent different energy consumption over the main motion in an idling mode. The main factor that influences on the energy consumption over the main drive of the machine in an idling mode is the speed of its rotation.*

**Key words:** machine, engine, power, voltage, current consumption, gear.

*Fig.: 4. Tabl.: 1. Bibl.: 6.*

**Постановка проблеми.** У більшості розвинених країн світу проблема ефективного використання різних видів енергії та енергоносіїв для виробництва стає дуже гострою з урахуванням постійних змін та попиту на світовому ринку. Це пов'язано з тим, що промисловий сектор потребує використання значної кількості енергії, більша частина якої складає електроенергія. Складність та особливості цієї проблеми для більшості виробничих галузей України пов'язано з використанням, у першу чергу, застарілого обладнання, низького рівня автоматизації технологічних процесів виробництва, а також низьким рівнем впровадження енергетичного менеджменту. Зазначені вище обставини призводять до значного зростання собівартості виготовленої продукції, зниженням конкурентності як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку збуту продукції. Крім того, збільшується негативний вплив на зовнішнє середовище, а також підвищене споживання викопних енергоресурсів, які в основному використовуються для виробництва електричної енергії в Україні.

Невід'ємною частиною будь-яких технологічних процесів на виробництві, які пов'язані з механічним обробленням сировини та її переробленням є використання металорізальних верстатів, а також рухомих механізмів та машин, які забезпечують первинну або вторинну переробку сировини. Тому ефективність їх використання, яка ха-

рактизується відношенням спожитої електричної енергії до корисної механічної роботи, суттєво впливає на складову собівартості виготовленої продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Використання електричних стандартів та вимог до способів і засобів перевезення виготовленої продукції посприяло достатньо низькому коливанню енергетичних витрат виробництва, які на сьогодні коливаються в межах 1...2 порядків. При цьому споживана ефективна потужність обладнання більшості розвинених підприємств становить у межах 5...50 кВт [1]. Слід зазначити, що поряд з цим потоки різних видів матеріалів можуть коливатися в межах 10 порядків. У зв'язку з цим важливою складовою сучасних технологій є не тільки мінімізація часових витрат на виготовлення продукції, але й мінімізація енергетичних витрат, а також їх загальна енергоефективність. Наприклад, для верстатів, які мають загальну потужність декілька тисяч кВт, загальна енергетична ефективність може становити менше 0,2, що, безумовно, буде відображатися на продуктивності та собівартості виготовленої продукції [2]. Не менш важливою складовою електричного споживання металообробного обладнання є його коефіцієнт корисної дії. Так, наприклад, для верстатів нормальної точності та налагодженого процесу різання лише близько 20 % спожитої верстатом електричної енергії витрачається на механічне оброблення матеріалу. Аналіз основних джерел споживання енергії та шляхи підвищення енергоефективності обробних верстатів докладно розглянуто в [3].

Згідно даних джерела [3] значний вплив на споживання електроенергії у процесі механічної обробки чинить привод шпинделя (в межах 30 %) і допоміжних верстатних вузлів (до 60 % від загального споживання електроенергії). Також зазначено, що споживання електричної енергії шпиндельними вузлами разом із витратою енергії для змащення механізмів й охолодження робочих рідин варіюється у діапазоні від 50 до 70 % залежно від умов обробки на верстатах з ЧПК.

Розглянувши загальну структуру верстата, можна виокремити деякі узагальнені шляхи зменшення витрат електроенергії під час оброблення матеріалів. Проте не менш важливою частиною дослідження енергоефективності металорізальних верстатів є виявлення та аналіз складових процесів, які призводять до споживання електричної енергії верстатом.

Одним з таких напрямів є дослідження енергоефективності металорізальних верстатів на допоміжних та холостих ходах, яка суттєво впливає на загальне енергоспоживання обладнання [3].

Наприклад, у процесі роботи шпиндельного вузла виділяють декілька типових стадій енергетичних витрат: 1 – вмикання та пов'язані з цим перехідні процеси; 2 – вихід на стаціонарний режим змащування опор; 4 – встановлення заготовки; 5 – процес механічного оброблення, який залежить від визначеного методу формування поверхонь; 6 – зміна умов змащування та зменшення швидкості обертання до повної зупинки обертання шпинделя; 7 – зняття заготовки; 8 – вимикання шпинделя [2].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Під час дослідження енергоефективності обладнання найчастіше аналізуються енергетичні витрати, які виникають при безпосередньому виконанні технологічних операцій. Проте, як показують експериментальні дослідження, не менш вагомою складовою є енергетичне споживання при допоміжних та холостих ходах верстата, які невід'ємно супроводжують процес різання. У зв'язку з цим визначення факторів, які впливають на енергетичне споживання верстата на допоміжних ходах та їх подальший аналіз, є достатньо актуальним завданням для підвищення енергоефективності металорізальних верстатів.

**Формулювання мети статті.** Метою статті є експериментальне визначення факторів, які впливають на енергетичне споживання приводу головного руху токарного верс-

тата в режимі холостого ходу, а також класифікація груп факторів за показниками зменшеного та підвищеного енергетичного споживання привода на допоміжних ходах.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження енергоспоживання верстата на допоміжних ходах входить в узагальнену методику аналізу енергоефективності металорізального верстата. Вона включає в себе структурний аналіз досліджуваної модифікації верстата та виявлення його основних енергетичних потоків та джерел споживання. Крім цього, кожне джерело споживання повинно бути оцінене у стані спокою або готовності, а також при безпосередньому виконанні корисної роботи на верстаті.

Ключовим етапом методики дослідження є експериментальне визначення споживаної потужності, а також виявлених окремих енергетичних потоків верстата  $W_n$  та його загальної споживчої потужності  $W_b$  на допоміжних ходах та при безпосередньому обробленні зразків-виробів на різних режимах різання згідно з встановленим планом експерименту. Це дозволяє оцінити загальну енергоефективність роботи верстата, а також засобів передачі та перетворення енергії (приводи, насоси, гідравлічні чи електричні пристрої тощо).

Окремим етапом методики дослідження є визначення факторів, які впливають на споживання електроенергії верстатом у режимі безпосередньої роботи та на допоміжних ходах. Крім цього, визначення закономірностей зміни основних факторів, що впливають, дозволить визначити режими оброблення матеріалів, які мають найменшу та найбільшу енергоефективність. Визначення вузлів з низькою енергоефективністю дозволяє в подальшому провести їх заміну або по можливості провести їх модернізацію, що не потребує значних фінансових витрат.

Під час дослідження енергоефективності обробних верстатів виникає необхідність у виявленні деякої типової групи, в якій би були представлені найбільш розповсюджені джерела енергії, двигуни, передавальні механізми, системи керування та перетворювачі енергії разом з виконавчими органами. Це дозволить розширити основні напрямки розв'язання задач, які пов'язані з підвищенням енергоефективності верстатів, а також більш широко оцінити вплив окремих факторів на складову енергоефективності промислового обладнання [5]. До одного з металообробних верстатів, який володіє різними видами використовуваної енергії, наявністю великої кількості двигунів постійного та змінного струму, а також деяких незалежних систем їх керування, можна віднести прецизійний токарний верстат на гідростатичних опорах моделі УТ16А (рис. 1).

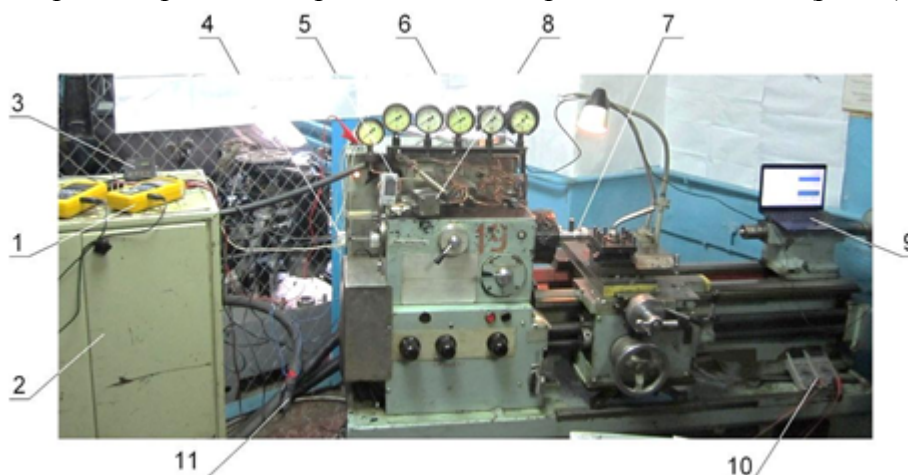


Рис. 1. Ескіз верстатного пристрою для оброблення симетричних заготовок:

1 – однофазні аналізатори якості електричної мережі; 2 – гідростанція; 3 – електронний тахометр; 4 – енкодер; 5 – температурний перетворювач; 6 – манометри в опорах ковзання; 7 – оправка зі змінним дисбалансом; 8 – подільник потоку рідини; 9 – ноутбук; 10 – цифрові мультиметри; 11 – струмові кліщі

Для визначення споживаної потужності верстата на допоміжних ходах проводилося визначення енергетичного споживання двигуна постійного струму головного привода

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

верстата. Визначення електричної потужності двигуна постійного струму проводилося з використанням двох прецизійних True RMS мультиметрів. Один з мультиметрів використовувався для визначення напруги в обмотках збудження, а інший використовувався для визначення величини сили струму, за допомогою паралельного встановлення через лабораторний шунт та вимірювання в режимі постійної напруги. Величина похибки вимірювання мультиметрів становить 0,08 %, а частота оновлення результатів становила 5 Гц. При цьому опір шунта був вибраний з величини максимального струму, який виникає при максимальному завантаженні двигуна постійного струму. Опір шунта становив 5 мОм, номінальне заниження напруги –75 мВ, межі вимірювання – 15А та 30А, клас точності – 0,5.

Отримані результати вимірювань через шину передачі даних RS 232 передавалися на персональний комп'ютер. Спеціалізоване програмне забезпечення, яке використовується разом з мультиметрами на базі операційної системи Windows, дозволяє проводити реєстрацію, зберігання, перетворення вхідних сигналів з подальшим виведенням на дисплей ПК у вигляді часових графічних залежностей у режимі реального часу. Для визначення споживаної потужності двигуна постійного струму в подальшому проводилося перемноження показників напруги мультиметра з показниками перерахованих значень струму, які визначалися другим мультиметром.

Під час дослідження енергоспоживання головного привода верстата враховувався вплив трьох технологічних факторів, які невід'ємно супроводжують оброблення матеріалів на верстатів:  $n$  – частота обертання шпинделя верстата,  $D_{ст}$  – статичний дисбаланс заготовки,  $p$  – величина тиску в опорах ковзання. Величина варіювання та межі факторів, що впливають, представлені в таблиці.

Таблиця 1

*Рівні та інтервали варіювання факторів*

Інтервал варіювання і рівні факторів	Натуральні значення факторів		
	$n, \text{хв}^{-1}$	$D_{ст}, 10^{-6} \text{кг}\cdot\text{м}$	$p, \text{МПа}$
Верхня «зіркова точка» (+1,414)	2770	7385	4,4
Верхній рівень (+1)	2400	6524	4,0
Нульовий рівень (0)	1500	4360	3,0
Нижній рівень (-1)	600	2219	2,0
Нижня «зіркова точка» (-1,414)	230	1303	1,6
Інтервал варіювання	900	2150	1,0

За встановленим планом експерименту, який включав у себе незалежну дію кожного фактора, проводилася багаторазове повторення експерименту для забезпечення збіжності вимірювань споживаної потужності  $W_{xx}$ . Крім того, зазначені експериментальні дослідження додатково повторювалися в інший проміжок часу з метою збільшення достовірності результатів. Загалом було опрацьовано близько 81 незалежного експерименту. Отримані результати досліджень представлені у вигляді графів, які представлені «зліва на право», при цьому в правій частині представлені результати вимірювань завдяки поєднанню різних комбінацій факторів, що впливають (рис. 2).

Для статистичного опрацювання результатів експериментальних досліджень в умовах невизначення, а також виявлення факторів, які впливають на енергетичне споживання приводу головного руху, було використано рекурсивний класифікаційний метод S&RT [6]. Особливості цього методу полягають у структуризації та побудові дерева класифікації основних показників, які впливають на досліджуваний процес енергетичного споживання приводу головного руху верстата. У найзагальнішому випадку мета такого аналізу полягає у побудові алгоритмів для визначення набору логічних умов, які дозволяють точно передбачити або провести класифікацію окремих проведених експериментів. Крім цього, здебільшого інтерпретація результатів, яка підсумовується в де-

реві, є дуже простою. Ця простота корисна не тільки для цілей швидкої класифікації нових спостережень, але й часто дають набагато простішу «модель» для пояснення, чому спостереження класифікуються або прогнозується певним чином та за деякою класифікаційною ознакою.

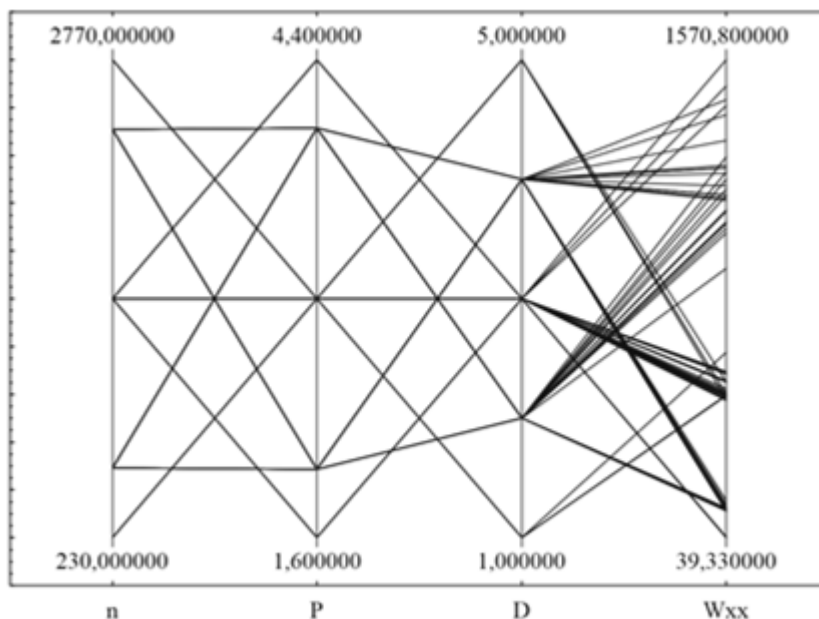


Рис. 2. Схема отримання результатів експериментальних досліджень при незалежній взаємодії факторів, що впливають

Модель дерева класифікації для елементів з 5 рівнів входження (15...11) показано на рис. 3. Побудоване дерево включає в себе елементи різних рівнів. Як показали результати статистичного оброблення, воно включає в себе класифікаційну ознаку зміни частоти обертання шпинделя верстата. Так елементи структури 2 (ліва частина, рис. 3) з порядковим номером 14 враховує класифікаційні ознаки зміни енергетичного споживання приводу верстата з частотою меншою  $n=1950 \text{ хв}^{-1}$ . У свою чергу, структура 3 (права частина, рис. 3) з порядковим номером 15 враховує ознаки зміни енергетичного споживання приводу верстата з частотою, більшою  $n=1950 \text{ хв}^{-1}$ . При цьому елементи структури 2, а саме 4 та 5, які входять до групи 13, можна класифікувати за частотами обертання меншими та більшими  $n=1050 \text{ хв}^{-1}$  відповідно. Особливістю структури 2 полягає у відсутності інших факторів, крім частоти обертання шпинделя. Це дозволяє стверджувати, що на частотах обертання менших за  $n=1950 \text{ хв}^{-1}$  вплив дисбалансу та тиску в опорах ковзання на енергетичне споживання є незначним або мінімальним і таким, що можна знехтувати.

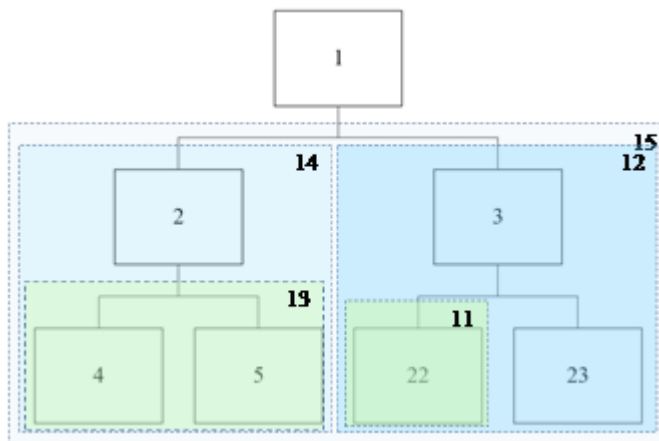


Рис. 3. Дерево класифікації енергетичного споживання приводу головного руху токарного верстата



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

У свою чергу, елементи структури 3, а саме 22 та 23, які входять до групи, 12 можна класифікувати за частотами обертання меншими та більшими  $n=2585 \text{ хв}^{-1}$  відповідно. При цьому в елементи 22 та 23 входять класифікаційні ознаки, які враховують зміну дисбалансу заготовки та зміну тиску. Це означає, що при високих частотах обертання відбувається додатковий вплив дисбалансу на результуюче енергетичне споживання привода головного руху верстата на гідростатичних опорах. Слід зазначити, що порядок входження класифікаційної ознаки зміни тиску в опорах ковзання є набагато нижчим за ознаку дисбалансу. Це означає, що в загальному випадку вплив дисбалансу на енергоспоживання привода головного руху в режимі холостого ходу є більшим, ніж вплив тиску в опорі ковзання. Результати статистичного оброблення показують, що показник значущості для частоти обертання шпинделя на холостих ходах становить 1, у той час як показник дисбалансу становить 0,041, а також 0,028 для тиску в опорах ковзання (рис. 4, а).

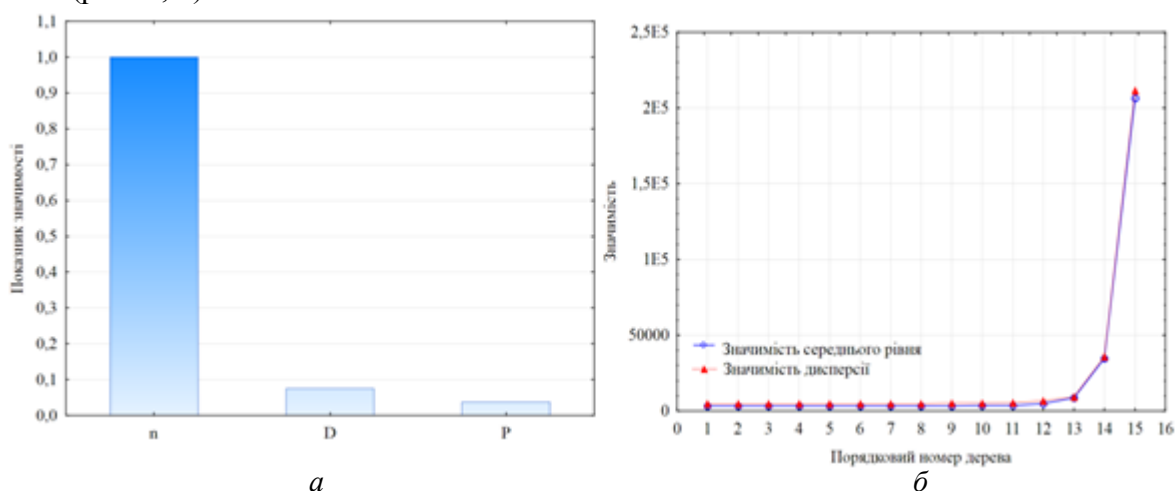


Рис. 4. Показники значущості для факторів, які впливають на енергетичне споживання привода головного руху на холостому ході (а), а також рівень значущості середнього рівня та дисперсії структурних груп за порядком входження в дерево (б)

Вплив дисбалансу на підвищене енергетичне споживання скоріше за все пов'язаний з появою додаткових динамічних та відцентрових сил, які сприяють додатковим механічним втратам між спряженими поверхнями рухомих елементів двигуна постійного струму.

Результати статистичного оброблення також показують, що висока значущість середнього рівня та дисперсії для класифікаційного дерева починається з порядкового номера рівня входження 11 (рис. 4, б), тобто можна вважати, що вплив дисбалансу заготовки та величини тиску в опорах ковзання є мінімальним на характер енергоспоживання верстата на холостому ході. Слід відзначити, що при подальшому підвищенні частоти обертання привода характер впливу дисбалансу та величини тиску в опорах ковзання на енергоспоживання буде зростати.

Розроблене дерево класифікації дозволяє на поверховому рівні та без детального дослідження процесів енергетичного споживання класифікувати режими роботи привода головного руху в режимі холостого ходу за критерієм частоти обертання, яким відповідають відповідно зменшене та підвищене енергетичне споживання двигуна постійного струму.

**Висновки і пропозиції.** Проведені експериментальні дослідження електричного споживання привода головного руху в режимі холостого ходу дозволили встановити фактори та їх загальний внесок в енергоспоживання. Статистичне оброблення отриманих результатів досліджень дозволило класифікувати результати досліджень за різними групами, яким відповідають різне енергетичне споживання привода головного руху в режимі холостого ходу.

Основним фактором, який впливає на енергетичне споживання в режимі холостого ходу, є частота його обертання. При цьому на частотах обертання, менших за  $n=1950 \text{ хв}^{-1}$ , вплив дисбалансу та тиску в опорах ковзання є незначним.

При високих частотах обертання відбувається додатковий вплив дисбалансу на результуюче енергетичне споживання привода головного руху верстата на гідростатичних опорах. При цьому вплив дисбалансу на енергоспоживання привода головного руху в режимі холостого ходу є більшим, ніж вплив тиску в опорі ковзання.

### Список використаних джерел

1. *Gutowski, T.* Electrical Energy Requirements for Manufacturing Processes / T. Gutowski, J. Dahmus, A. Thiriez // 13th CIRP International Conference of Life Cycle Engineering, Lueven, May 31st – June 2nd, 2006 – Pp. 1–5.
2. *Draganescu, F.* Models of machine tool efficiency and specific consumed energy / F. Draganescu, M. Gheorghe, C.V. Doicin // Journal of Materials Processing Technology. – 2003. – Vol.141. – Pp. 9–15.
3. *Aspects of Energy Efficiency in Machine Tools* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.heidenhain.us/enews/stories\\_1011/MTmain.php](http://www.heidenhain.us/enews/stories_1011/MTmain.php).
4. *Федориненко Д. Ю.* Енергоефективність обробних верстатів / Д. Ю. Федориненко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2015. – № 2 (78). – С. 64–70.
5. *Федориненко Д. Ю.* Інформаційно-вимірювальний комплекс визначення електричного споживання асинхронних двигунів верстатів / Д. Ю. Федориненко, О. П. Космач // Вісник Чернігівського національного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2015.–№ 2 (78). – С. 70–75.
6. *Чубукова И.* Data Mining / И. Чубукова. – М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2008. – 384 с.

**Федориненко Дмитро Юрійович** – доктор технічних наук, професор кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Федориненко Дмитрий Юрьевич** – доктор технических наук, профессор кафедры технологий машиностроения и деревообработки, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Fedorynenko Dmytro** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Technologies of Mechanical Engineering and Woodworking Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).  
E-mail: [fdy1974@gmail.com](mailto:fdy1974@gmail.com)

**Космач Олександр Павлович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Космач Александр Павлович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологий машиностроения и деревообработки, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Kosmach Oleksandr** – PhD in Technical Sciences, Senior lecturer of the Technologies of Mechanical Engineering and Woodworking Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: [alexkos86@gmail.com](mailto:alexkos86@gmail.com)

**Безручко В'ячеслав Михайлович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри електричних систем і мереж, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Безручко Вячеслав Михайлович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрических систем и машин, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Bezruchko Viacheslav** – PhD in Technical Sciences, Senior lecturer of Electrical Systems and Machines Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: [slavajm@meta.ua](mailto:slavajm@meta.ua)

**Сапон Сергій Петрович** – кандидат технічних наук доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Сапон Сергей Петрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий машиностроения и деревообработки, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Sapon Serhii** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Technologies of Mechanical Engineering and Woodworking Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: [s.sapon@gmail.com](mailto:s.sapon@gmail.com)

*Иван Боханов, Сергей Крячок, Людмила Мамонтова*

## АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ НАВІГАЦІЇ

*Иван Боханов, Сергей Крячок, Людмила Мамонтова*

## АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

*Ivan Bohanov, Serhiy Kryachok, Liudmyla Mamontova*

## ANALYSIS INFORMATION SUPPORT IN AVTONAVIGATION MAPS

*Автонавігаційна карта (АК) – систематизоване зібрання взаємопов'язаних і взаємодоповнюючих один одного тематичних шарів. Вона розробляється як цілісне картографічне утворення з набором комбінованих даних і відповідає повноцінній геоінформаційній системі (ГІС). Інформаційну основу АК становить картографічний банк даних, що містить вузькоспеціалізовані і максимально докладні дані і характеристики об'єктів карти з метою оптимального вирішення користувальницьких завдань, у тому числі логістичних і транспортних, як приватних осіб, так і організацій.*

**Ключові слова:** *автонавігаційні карти, автонавігації, аеро- і космоснімки, масштаби карт, роутинг, оновлення карт, векторні і растрові карти.*

*Рис.: 3. Бібл.: 8.*

*Автонавигационная карта (АК) – систематизированное собрание взаимосвязанных и взаимодополняющих друг друга тематических слоев. Она разрабатывается как целостное картографическое произведение с набором комбинированных данных и соответствует полноценной геоинформационной системе (ГИС). Информационную основу авто навигационной карты составляет картографический банк данных, содержащий узкоспециализированные и максимально подробные данные и характеристики объектов карты в целях оптимального решения пользовательских задач, в том числе логических и транспортных, как частных лиц, так и организаций.*

**Ключевые слова:** *автонавигационные карты, автомобильные системы навигации, аэро- и космоснимки, масштабы карт, маршрутизации, обновление карт, векторные и растровые карты.*

*Рис.: 3. Библ.: 8.*

*Auto navigation maps (ANM) – is a systematic collection of interrelated and complementary to each other thematic layers. It develops as a complete mapping of the formation of combined data set and meet complete geographic information system (GIS). Information cartographic basis ANM is a database that contains highly specialized and maximized details and characteristics of map objects in order of optimize resolution of user tasks, including logistics and transport, both private individuals and organizations.*

**Key words:** *auto navigation map, auto- surf, air-and satellite photos, the scale of map, routing, updating maps, vector and raster maps, automotive navigation map, automotive navigation aerial and satellite images, vector and raster updating maps, routing.*

*Fig.: 3. Bibl.: 8.*

**Постановка проблеми.** Нині існує багато методів і способів оброблення різноманітних картографічних та геоінформаційних матеріалів для картографічного забезпечення автомобільної навігації. Застосування сучасних електронних технологій дозволяє їх систематизувати й узагальнювати. Однак використовувані методи оброблення не досить універсальні, тому для повсюдного їх використання та розвитку автонавігаційних технологій в умовах триваючого зростання автомобілізації населення й активного розвитку транспортно-логічної галузі потрібне їх узагальнення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Специфіка розвитку автонавігації з погляду споживачів формує вимоги до якісного картографічного забезпечення навігаційних систем. Важливу роль відіграло розроблення методів швидкого й ефективного стикування даних, які дозволили на жорсткому носії пристрою зберігати найбільшу кількість картографічної навігаційної інформації. Важливий напрямок розвитку автонавігаційного картографування в Україні – «регіоналізація» автонавігаційних карт. Регіональні особливості карт обумовлені економічним розвитком територій, диференційністю розселення по місцевості, вивченістю території тощо.

Все більшої популярності набуває слідкування за транспортними засобами за допомогою GPS. Очевидно, що ГІС-продукція використовується і тут – для відображення цієї координатної інформації в географічному контексті. Так, наприклад, модуль ArcGIS Tracking Analyst дозволяє слідкувати за переміщеннями одного або декількох

об'єктів у режимі реального часу. Це дозволяє помітити відхилення від графіка руху, вжити заходів для їх усунення, прогнозувати час доставки й інформувати замовників. Крім того, Tracking Analyst дозволяє зберігати території руху транспортних засобів і зробити їх подальший аналіз, наприклад, прогріваючи в різних масштабах часу [7].

Проаналізувавши велику кількість навігаційних систем, можна виділити основні види навігаційного сервісу, а також різні підходи до формування, зберігання і використання інформації для автонавігації. Нині світовий список головних розробників автонавігаційних карт очолює Tele Atlas, яка адаптує свою картографічну продукцію під конкретні навігаційні системи («iGO», «Tom Tom»). Найбільшою вітчизняною компанією, що спеціалізується на автонавігаційній картографії, є «Центр Навігаційної Технології» (ЗАТ «ЦНТ»), карти якого в закритому форматі доступні користувачам системи «Навігел Навігатор».

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Основною проблемою розвитку транспорту є його наростаюче технічне та технологічне відставання, що не сприятиме подальшому економічному розвитку країни, її європейській інтеграції та може привести до незадовільного рівня транспортного обслуговування, зменшення швидкості просування товарів, залежності зовнішньої торгівлі від іноземного транспорту, втрати конкурентоспроможності вітчизняного транспорту, росту аварійності. Вирішення цих проблем є особливо важливим в умовах переходу національної економіки в фазу інтенсивного економічного зростання та курсу на європейську інтеграцію.

Транспорт має забезпечувати потреби населення та галузей економіки у безпечному та якісному перевезенні пасажирів та вантажів на рівні міжнародних стандартів.

Для автошляхів за допомогою ГІС можна вирішувати такі проблеми:

- планування (спільний аналіз транспортного навантаження і стану дорожнього полотна);
- проектування (вибір оптимальних коридорів для прокладання нових трас);
- будівництво (відображення стану будівельних проектів і визначення пріоритетів);
- експлуатація (аналіз різних стратегій проведення ремонтних робіт і розподілу засобів);
- моніторинг пересування, збір статистики щодо функціонування підвідомчої дорожньої мережі, аналіз аварій.

**Мета статі.** Головною метою цієї роботи є розгляд особливостей змісту автонавігаційних карт, етапи їх розроблення, технологічні особливості створення та оновлення практичних питань використання та своєчасні тенденції у вітчизняній автонавігаційній картографії. Основний елемент (шар) автонавігаційних карт – тематичний шар дорожнього руху (роутинговий шар), не мінливий залежно від масштабу, завжди докладний і точний (рис. 1).

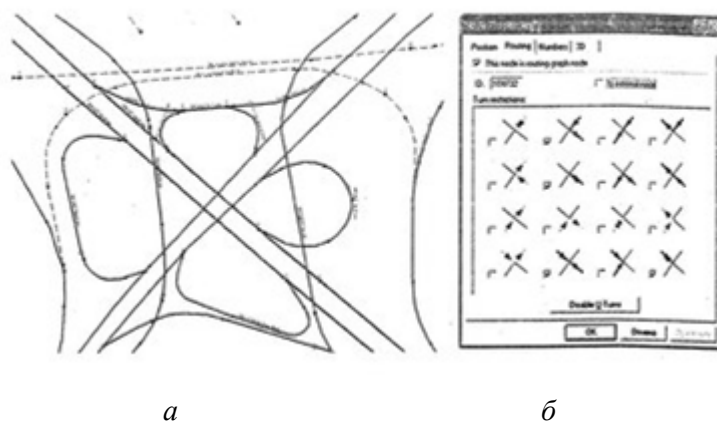


Рис. 1. Алгоритм підготовки автонавігаційних карт:  
а – тематичний шар дорожнього руху; б – характеристика нодів

Оновлення рутинга – головне завдання автонавігаційного картографування. Необхідно регулярно уточнювати векторну інформацію цього шару і його змістовні характеристики.

У разі використання матеріалів дистанційного зондування Землі, перш за все, слід звертати увагу на споруджувані ділянки доріг, остови мостів, насипи та інші зміни ландшафту. Важливий аспект для поновлення - порівняння різночасних знімків тієї самої місцевості. Особливо ефективно використання даних, отриманих з відеореєстраторів і польових обстежень, зібраних за допомогою спеціальної техніки, яка обладнана на автомобілях.

Переваги цього методу: швидкість, оперативність, точність отриманих даних. Протягом декількох днів можна відзняти нові відеоматеріали і свіжі треки на оновлювану ділянку місцевості, а також оперативно внести змінену інформацію в автонавігаційні карти, причому в спеціальні тематичні шари, і в загальну географічну основу з метою її оновлення.

**Виклад основного матеріалу.** У загальному вигляді автонавігаційна карта складається з двох основних елементів: географічної основи і тематичних автонавігаційних шарів. Особливість всіх автонавігаційних карт – інтеграція в їх структурі асоціативних і атрибутивних даних. Особливо гостро перед розробниками карт стоїть проблема інтеграції даних, оскільки в основі організації просторових даних ГІС лежить пошаровий опис просторових об'єктів у базі даних [4].

Автонавігація висуває специфічні вимоги до змісту тематичних карт і їх підготовки для вирішення навігаційних завдань. Ці вимоги обумовлені розвитком сучасних технологій у картографічній галузі, споживчих властивостей та ринковими умовами розвитку автонавігаційних сервісів загалом. Автонавігаційні карти фактично являють собою програмний продукт, який поширюється на пристроях, здатних обробляти цю специфічну інформацію.

Автонавігаційні карти переважно використовуються у пристроях персональної навігації і служать картографічною основою для прокладання маршруту та орієнтування на місцевості. Алгоритм прокладання маршрутів у всіх навігаційних програмах різний, але для користувача важливі точність, достовірність та актуальність карт.

У кінцевій автонавігаційній системі може бути кілька карт різного масштабу, точності та деталізації. Важлива технологічна особливість розроблення автонавігаційної карти – інтеграція карт різного масштабу між собою всередині величезного електронного картографічного масиву, що складається практично з усіх карт масштабного ряду. При цьому в багатьох однотипних об'єктів на всіх картах повинні бути взаємозамінні або взаємовиключні характеристики, необхідні для пошуку об'єкта в навігаційній системі і виключення дублювання інформації.

Для детальних карт міст використовуються карти масштабу і змісту, близького до 1:10 000; для оглядової схеми міста – 1:25 000; для карт областей та регіонів – 1:100 000; для карти країн – 1:25 000 000. Всі ці карти компонуються і по черзі змінюються на екрані при масштабуванні вибраної користувачем території. Під час підготовки автонавігаційних карт застосовуються і класичні принципи оформлення карт, наприклад:

- вся сукупність позначень на карті повинна бути логічна і відображати ієрархію і співвідпорядкованість об'єктів;
- у всіх випадках необхідно, щоб написи були розміщені компактно, не перетинали один одного, добре читалися на світловому тлі і не були розташовані «вниз головою» [1];
- інтуїтивно зрозуміла символізація об'єктів усіх типів локалізації.

Для користувача, що має (як мінімум) базові географічні знання, автонавігаційна карта повинна відповідати класичному розумінню карти, в якій закладена не тільки спеціальна навігаційна інформація для прокладання маршрутів, а перш за все поточна становище місцевості в наочній, дохідливій для прочитання, вивчення та користування

формі. Накопичений світовий досвід створення автонавігаційних карт дозволяє говорити про існування загального алгоритму їх підготовки (рис. 2).



Рис. 2. Алгоритм підготовки автонавігаційних карт

Крім тематичних навігаційних даних, у карті обов'язково має бути наявна географічна складова. Під час створення автонавігаційної карти основою служить або готова електронна карта, або космічні знімки. Для поновлення необхідна також довідкова інформація. Якщо є основа в електронному вигляді, то вона перетворюється у формат даних векторної карти. Якщо такої основи немає, то на основі знімків і треків даних з відеореєстраторів вона може бути створена у вигляді векторної карти відповідно до редакційно-технічних вказівок з усіма необхідними характеристиками для об'єктів. Наступний етап робіт – оновлення отриманої векторної карти за інформаційно-довідковими джерелами і матеріалами польового обстеження. Основний процес у створенні бази даних навігаційної карти – наповнення оновленої карти тематичним змістом. Тільки об'єднавши актуалізовану векторну карту місцевості з навігаційною складовою (організацією дорожнього руху) і тематичними об'єктами, карта стає придатною для використання в автонавігації і відповідає універсальним програмним вимогам навігаційної системи (рис. 3).



а

б

Рис. 3. Актуалізація автонавігаційної карти за відеоінформацією (а) та її фрагмент (б)

**Висновки і пропозиції.** Автонавігаційне картографування має власну специфічну сферу застосування, свої методи й особливості підготовки, ведення та оновлення карт. Суміщення методичного і практичного досвіду традиційної тематичної та електронної картографії та знань геоінформатики – одне з актуальних вимог сучасного використання геоінформаційних систем для картографічного забезпечення автонавігації. Форму-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

вання автонавігаційного картографування як самостійного напрямку тематичної електронної картографії обумовлено зростаючим попитом на цей тип картографічної продукції в секторі побутового та професійного використання. ГІС забезпечують найбільш повне створення і своєчасне оновлення картографічної основи. Це стосується різних типів карт. Крім того, вже сьогодні є можливість отримувати аеро- і космоснімки об'єктів місцевості з мінімальною витратою часу і можливістю отримання їх специфічних характеристик. Постійне поліпшення технічних характеристик пристроїв (швидкість, графічні можливості), а також їх доступність для широкого кола користувачів дозволили різко збільшити аудиторію користувачів, які з їх допомогою орієнтуються на місцевості і знаходять оптимальні методи дослідження об'єкта.

**Список використаних джерел**

1. Берлянт А. М. Картография / А. М. Берлянт. – 2-е доп. изд. – М. : КДУ, 2010. – 344 с.
2. Боханов И. И. Транспортно-навигационные геоинформационные системы : конспект лекций / И. И. Боханов. – Чернигов : ЧГИЭУ, 2010. – 120.
3. Бурачек В. Г. Мобільна система автоматизованого цифрового знімання предметів дорожнього комплексу / В. Г. Бурачек // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – європейський досвід». – Чернігів, 2007. – Вип. 3. – С. 188.
4. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование : учебник / И. К. Лурье. – 2-е изд. – М. : КДУ, 2010. – 424 с.
5. Платонов П. Л. Использование ДДЗЗ в автонавигационном картографировании / П. Л. Платонов // Геоматика. – 2010. – № 2 (7). – С. 60–67.
6. Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 2010. – 287 с.
7. Терещук О. І. Дослідження похибок впливу зовнішнього середовища на точність планових координат при GPSS-спостереженнях у північному регіоні / О. І. Терещук, І. О. Нисторьяк // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – європейський досвід». – Чернігів, 2013. – Вип. 9. – С. 12–18.
8. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков / Ф. Хейт. – М. : Мир, 2008. – 286 с.

**Крячок Сергій Дмитрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Крячок Сергей Дмитриевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Kryachok Serhiv** – PhD in Technical Sciences. Associate Professor. Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** kryachok.serg@yandex.ua

**Боханов Иван Иванович** – кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Боханов Иван Иванович** – кандидат военных наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Bokhanov Ivan** – PhD in Military Sciences. Associate Professor. Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** Ivan.bokhanov@gmail.com, gkz.kaf@gmail.com

**Мамонтова Людмила Степанівна** – старший викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Мамонтова Людмила Степановна** – старший преподаватель кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Mamontova Liudmyla** – Senior Lecturer of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** liudmyla.mamontova@yandex.ua

УДК 621.9

*Петро Кривий, Володимир Кобельник, Володимир Крупа, Володимир Яковлев***РОЗТОЧУВАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ З ПОПАРНО-АСИМЕТРИЧНИМ РОЗМІЩЕННЯМ ЛЕЗ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ГЛИБОКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОТВОРІВ***Петр Кривый, Владимир Кобельник, Владимир Крупа, Владимир Яковлев***РАСТОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ С ПОПАРНО-АСИММЕТРИЧЕСКИМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ЛЕЗВИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ***Petro Kryvyi, Volodymyr Kobelnyk, Volodymyr Krupa, Volodymyr Yakovlev***BORING TOOLS WITH CONJUGATE-ASYMMETRIC ALLOCATION OF CUTTERS FOR MACHINING OF DEEP CYLINDER HOLES**

На основі аналізу наявних конструкцій запропоновано принципи попарно-асиметричного розміщення різців у розточувальних інструментах з корегованими кутами у плані. Для двох варіантів їх конструкторського виконання отримано залежності для визначення подач на різець та на оберт, а також значення корегованих головних (для I варіанта) та допоміжних (для II варіанта) кутів у плані залежно від параметра розрахункової висоти мікронерівностей профілю. Подано варіант конструкції інструменту за запропонованими принципами. Проведено випробування інструменту на токарному верстаті з спеціальним пристосуванням та схемою роботи «на розтяг». Експериментально встановлено оптимальну подачу для конкретних умов оброблення. Показано його переваги у продуктивності в порівнянні з традиційними інструментами.

**Ключові слова:** розточувальний інструмент, попарно-асиметричне розміщення, різець, подача, головний кут у плані, допоміжний кут у плані, величина нерівності профілю.

Рис.: 6. Бібл.: 13.

На основании анализа существующих конструкций предложены принципы попарно-асимметричного размещения резцов с корректированной углами в плане в расточных инструментах. Для двух вариантов их конструкторского исполнения получены зависимости для определения подач на резец и на оборот, а также значение корректированных главных (для I варианта) и вспомогательных (для II варианта) углов в плане в зависимости от параметра расчетной высоты микронеровностей профиля. Подано вариант конструкции инструмента по предложенным принципам. Проведены испытания инструмента на токарном станке со специальным приспособлением и схеме работы «на растяжение». Экспериментально установлено оптимальную подачу для конкретных условий обработки. Показано его преимущества в производительности по сравнению с традиционными инструментами.

**Ключевые слова:** расточной инструмент, попарно-асимметричное размещение, резец, подача, главный угол в плане, вспомогательный угол в плане, величина неровности профиля.

Рис.: 6. Библ.: 13.

Basing on the analyses of the available constructions the principles of conjugate-asymmetric allocation of the cutters with the corrected plane angles in the boring tools, have been proposed. Dependencies for finding the cutter and revolution feeds, as well as the values of the plane corrected primary (for the first option) and secondary (for the second option) angles, depending on the parameter of the calculated height of the profile roughnesses, have been obtained for two options of their construction design. The option of the tool design according to the proposed principles has been presented. The testing of the tool on the turning lathe with special device and «tension scheme» operation has been carried out. The maximum feed for certain machining condition has been found experimentally. Its efficiency advantages in comparison with those of conventional ones have been described.

**Key words:** boring tool, conjugate-asymmetric allocation, cutter, feed, plane primary angle, plane secondary angle, profile roughness size.

Fig.: 6. Bibl.: 13.

**Постановка проблеми.** Основним завданням сучасного машинобудування є підвищення продуктивності технологічних процесів виготовлення деталей машин. Одним із напрямків підвищення ефективності наявних технологічних процесів механічного оброблення є розроблення нових конструкцій інструментів, які б забезпечували підвищені вимоги до якісних параметрів та продуктивності. У процесі оброблення глибоких циліндричних отворів однією і найважливіших операцій є розточування, мета якої полягає у забезпеченні таких заданих якісних параметрів внутрішньої циліндричної поверхні, як точність розмірів, мінімальне відхилення дійсної осі отвору від теоретичної, шорсткість та відхилення від круглості. Під час розточування глибоких отворів циліндрів в основному використовуються багатолезові розточувальні інструменти, зокрема розточувальні головки та зенкери, які працюють за методом розточування як «на



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

стиску», так і «на розтяг». Одними із прогресивних конструкцій розточувальних інструментів є інструменти з асиметричним розміщенням лез [2].

Для створення нових конструкцій розточувальних інструментів з асиметричним розміщенням різальних елементів необхідно розробити теоретичну базу та здійснити наукове обґрунтування їх конструкторських та технологічних параметрів, які забезпечували б досягнення певного позитивного ефекту. Це доповнить наявні дослідження в цій галузі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проаналізовано існуючу класифікацію [1] багатолезових металорізальних інструментів (БМІ) для оброблення глибоких циліндричних отворів. У дослідженнях, поданих у роботі [2] показано деякі переваги використання БМІ з асиметричним розміщенням різальних елементів.

Розточувальні інструменти з асиметричним розміщенням різальних елементів за призначенням працюють за методами: поділу припуску; поділу подачі й одночасного поділу припуску та подачі [3; 4].

Одним із представників металорізальних інструментів, що працюють за поділом припуску, є розточний інструмент [5; 6], в якому використовуються два різці, що мають різний радіальний виліг і розміщені один відносно одного під певним кутом. Регулювання на розмір в інструменті [5] здійснюється за допомогою напрямних елементів, які розміщені навпроти кожного із різців, що може спричинити відхилення його осі обертання від осі оброблюваного отвору. Недоліком інструменту [6] є невелика 0,03–0,07 мм глибина різання на чистовому різці, що внаслідок незначного його зношування може ускладнювати процес різання і забезпечення заданої точності.

Представники інструментів, що працюють за методом поділу подачі, подані в [7]. У корпусі розточувальної головки розміщені два різці з однаковим радіальним вильотом та зміщені в поперечному перерізі один відносно одного на певний кут. Недоліком такої конструкції є складність забезпечення однакового радіального вильоту різців.

Металорізальні інструменти, що працюють з одночасним поділом припуску та подачі, представлені у [8–10]. В інструментах [8; 9] використаний один чорновий різець та дворіцевий блок, що виконує чистове оброблення. Особливістю розточувальної головки [10] є використання одного чорнового та трьох чистових різців, розміщення яких визначається центральними кутами, причому їх величина знаходиться з умови зрівноваження радіальних складових сил різання. Основним недоліком інструментів, що працюють за методом одночасного поділу припуску та подачі, як і інструментів з асиметричним розміщенням різців, є складність забезпечення зрівноваження радіальних складових сил різання, що спричиняє у процесі оброблення відхилення дійсної осі отвору від теоретичної.

**Метою цієї роботи** є створення нових конструкцій розточувальних інструментів з попарно-асиметричним розміщенням різальних елементів (РПАР) на основі методики врахування теоретичного профілю обробленої поверхні із забезпеченням мінімальних параметрів шорсткості.

**Виклад основного матеріалу.** Особливістю запропонованої методики конструювання РПАР є використання чотирьох різців зі спеціальним кутовим попарним зміщенням з урахуванням формованого різальними лезами профілю обробленої поверхні і величини подач на різець та оберт, із забезпеченням певної корекції кутів у плані використовуваних різців.

Забезпечення однакової висоти мікронерівностей профілю здійснюється корегуванням значень кутів у плані різців за двома варіантами виконання інструмента (рис. 1): перший – формуванням на головних різальних кромках (ГРК) другого і четвертого різців додаткових фасок і корегуванням на цих фасках головного кута в плані  $\varphi_{OK}$  при однакових значеннях допоміжних кутів у плані і другий – корегування значень допоміжного

кута у плані  $\varphi'_k$  на першому і третьому різцях при однакових головних кутах у плані, та заданих значень допоміжних кутів у плані на другому та четвертому різцях.

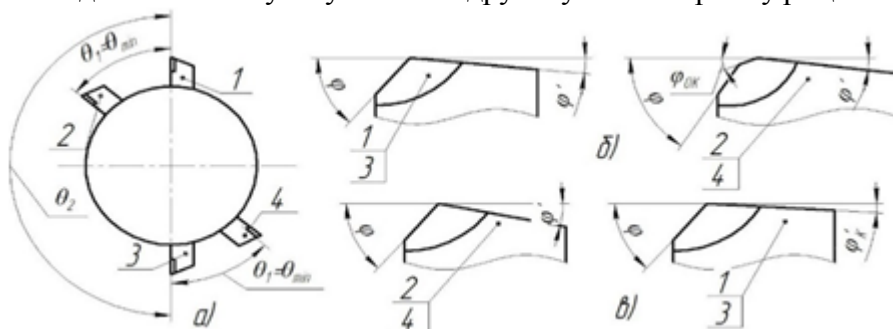


Рис. 1. Схема розміщення різців у перпендикулярному до поздовжньої осі циліндричного отвору перерізі (а); вигляд фрагментів різців у основній площині при першому (б) та другому (в) варіантах виконання інструмента, 1, 2, 3, 4 – відповідно перший, другий, третій та четвертий різці

Здійснимо обґрунтування конструкторських параметрів розточувального інструменту, а саме: центральних кутів розміщення різців у площині, перпендикулярній до поздовжньої осі інструменту; величин допоміжних кутів у плані та подачі на кожному різці інструменту, а також подачі на оберт інструмента (заготовки) залежно від параметра висоти нерівностей профілю для обох його варіантів.

Розв'язання поставленого завдання за першим варіантом виконання інструменту здійснимо наступним чином. Введемо систему координат  $uOx$  (рис. 2). Вісь  $Ox$  спрямуємо вправо – у напрямку протилежному до напрямку подачі, вісь  $Oy$  – вгору.

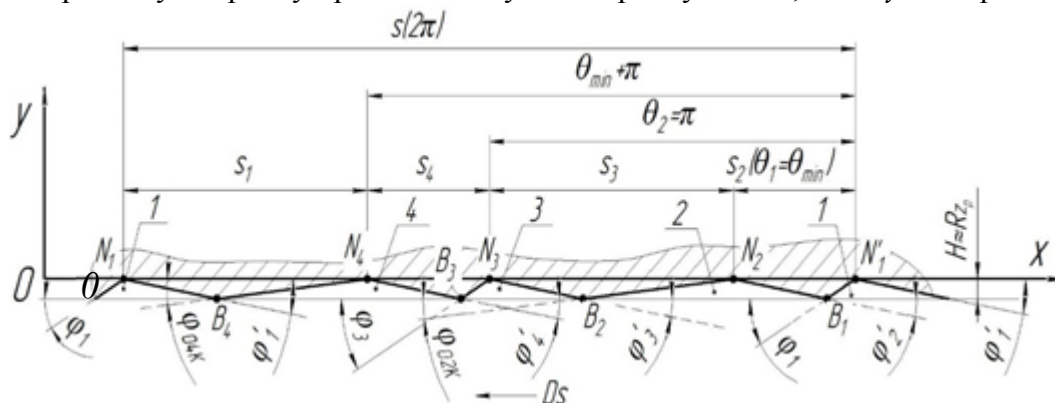


Рис. 2. Схематичне зображення у поздовжньому перерізі розрахункового профілю обробленої поверхні, сформованого інструментом з парно-асиметричним розміщенням різців за першим варіантом (з корегованими головними кутами у плані на допоміжних фасках різців)

Виберемо на осі  $Ox$  довільну точку  $N'_1$ , яка умовно зображатиме вершину першого різця інструменту. Провівши промінь з  $N'_1$  під кутом  $\varphi_0$  (рекомендованим кутом в плані додаткової фаски на ГРК в традиційних інструментах) до осі  $Ox$ , отримаємо положення ГРК першого різця в момент початку здійснення оберту інструментом чи заготовкою. Другий різець змістимо відносно першого на кут  $\theta_1 = \theta_{min}$ . Прийmemo, що  $\theta_{min} = 30..60^\circ$ . Тоді, взявши до уваги те, що допоміжний кут в плані  $\varphi'_i$  ( $i=1..4$  – номер різця) на всіх різцях однаковий, а також і те, що величина нерівностей профілю обробленої поверхні  $H \approx Rz_p = const$  та прийнявши значення головного кута в плані на першому різці  $\varphi_1 = \varphi$ , з  $\Delta N_2 N'_1 B_1$ , використавши [11], отримаємо значення подачі на другому різці:  $s_2 = H \cdot (\text{ctg}\varphi + \text{ctg}\varphi'_2)$ .

Вершину третього різця відносно вершини першого, а також вершину четвертого різця відносно другого (рис. 1, а) для зрівноваження радіальних складових сил різання

змістимо на кут  $\pi$ . Враховуючи, що подача  $s_2$  на другому різці забезпечується таким конструкторським параметром, як його кутове розміщення відносно першого різця  $\theta_1 = \theta_{\min}$ , то величину подачі на третьому різці, використавши співвідношення  $s_2 / s_3 = \theta_{\min} / (\pi - \theta_{\min})$ , знайдемо із залежності

$$s_3 = \frac{s_2 \cdot (\pi - \theta_{\min})}{\theta_{\min}} = \frac{H \cdot (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \varphi') \cdot (\pi - \theta_{\min})}{\theta_{\min}} \quad (1)$$

Величина цієї подачі на рис. 2 умовно зображена відрізком  $N_2 N_3$ . Величина подачі на четвертому різці  $s_4 = s_2$ . Величину подачі на оберт  $s$  інструмента знайдемо, використавши співвідношення  $s_2 / s = \theta_{\min} / 2\pi$  за формулою

$$s = \frac{s_2 \cdot 2\pi}{\theta_{\min}} = \frac{H \cdot (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \varphi') \cdot 2\pi}{\theta_{\min}}$$

Для забезпечення умови  $H_1 = Rz_{p1} = H_3 = Rz_{p3} = H = Rz_p = \operatorname{const}$  прийняли значення головних кутів в плані на першому і третьому різцях однаковими  $\varphi_1 = \varphi_3 = \varphi$ . З  $\Delta N_3 N_2 B_2$  (рис. 2) отримали кореговані значення головних кутів в плані (на додаткових фасках) на другому та четвертому різцях, величина яких визначиться за формулою:  $\varphi_{02K} = \varphi_{04K} = \operatorname{arcctg} (s_3 / H - \operatorname{ctg} \varphi')$ . Підставивши у отриману формулу замість  $s_3$  отримане раніше значення (1) та спростивши отримали:

$$\varphi_{02K} = \varphi_{04K} = \operatorname{arcctg} \left( \frac{(\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \varphi') \cdot (\pi - \theta_{\min})}{\theta_{\min}} - \operatorname{ctg} \varphi' \right)$$

Для обґрунтування параметрів інструмента за другим варіантом його конструкторського виконання скористаємось рис. 3.

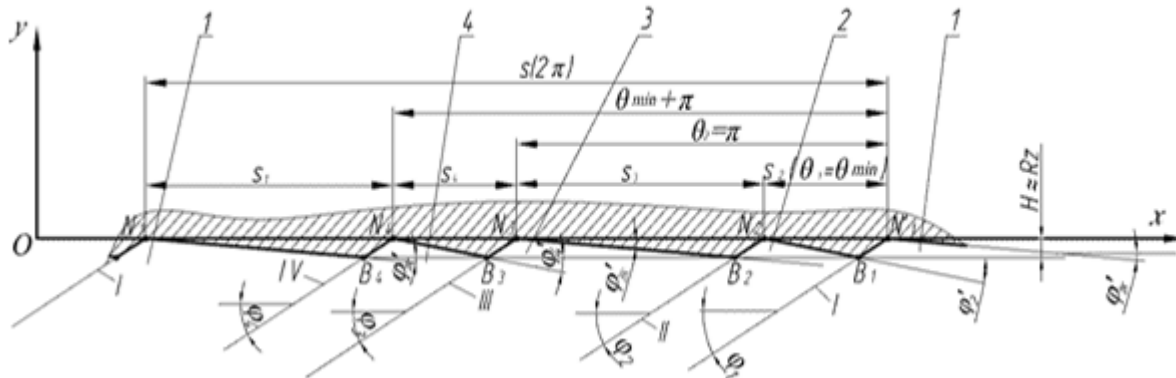


Рис. 3. Схематичне зображення у поздовжньому перерізі розрахункового профілю обробленої поверхні, сформованого інструментом з парно-асиметричним розміщенням різців за другим варіантом (з корегованими допоміжними кутами у плані різців)

Введемо систему координат  $u\theta x$ . Виберемо на осі  $0x$  довільну точку  $N'_1$ , яка буде зображати вершину першого різця інструмента та провівши промінь з  $N'_1$  під кутом  $\varphi_1$  до осі  $\theta x$ , отримаємо положення ГРК першого різця в момент початку здійснення оборту. Вершину другого різця змістимо по колу відносно першого на кут  $\theta_1 = \theta_{\min}$ , де  $\theta_{\min} = 30 \dots 60^\circ$ . Тоді, прийнявши, що головний кут у плані на всіх різцях однаковий  $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = \varphi$ , а також врахувавши задані величину висот мікронерівностей обробленої поверхні, створені різними різцями  $H \approx Rz_p = \operatorname{const}$  та прийнявши значення

допоміжного кута в плані на другому різці  $\varphi'_2$ , з  $\Delta N_2 N'_1 B_1$  отримаємо значення подачі на другому різці:  $s_2 = H \cdot (\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\varphi'_2)$ .

Вершини третього різця відносно першого і четвертого відносно другого для зрівноваження радіальних складових сил різання змістимо в поперечному перерізі на кут  $\pi$  (рис. 1, а). Враховуючи, що подача  $s_2$  на другому різці забезпечується таким конструкторським параметром, як центральний кут  $\theta_1 = \theta_{\min}$  подачу на третьому різці, врахувавши співвідношення  $s_2 / s_3 = \theta_{\min} / (\pi - \theta_{\min})$ , визначимо із залежності

$$s_3 = \frac{s_2 \cdot (\pi - \theta_{\min})}{\theta_{\min}} = \frac{H \cdot (\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\varphi') \cdot (\pi - \theta_{\min})}{\theta_{\min}}. \quad (2)$$

Величина подачі  $s_3$  на рис. 3 зображена відрізком  $N_2 N_3$ . Подача на четвертому різці інструменту буде  $s_4 = s_2$ . Величину подачі на оберт  $s$  інструменту знаходили зі співвідношення  $s_2 / s = \theta_{\min} / 2\pi$ :

$$s = \frac{s_2 \cdot 2\pi}{\theta_{\min}} = \frac{H \cdot (\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\varphi') \cdot 2\pi}{\theta_{\min}}. \quad (3)$$

Для забезпечення умови  $H_2 = Rz_{p2} = H_4 = Rz_{p4} = H_2 = Rz_{p2} = \operatorname{const}$  приймали значення допоміжного кута в плані на четвертому і другому різцях однаковими  $\varphi'_4 = \varphi'_2 = \varphi'$ , а величини допоміжних кутів у плані на першому та третьому різцях визначали з  $\Delta N_3 N_2 B_2$  (рис. 3) за формулою:  $\varphi'_3 = \varphi'_1 = \operatorname{arccctg}(s_3 / H - \operatorname{ctg}\varphi)$ . Підставивши в (3) замість  $s_3$  його отримане значення з (2) та спростивши, отримаємо величину корегованих допоміжних кутів в плані на першому і третьому різцях

$$\varphi'_{3K} = \varphi'_{1K} = \varphi'_K = \operatorname{arccctg}\left(\frac{(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\varphi') \cdot (\pi - \theta_{\min})}{\theta_{\min}} - \operatorname{ctg}\varphi\right).$$

На основі вищевикладених принципів запропонований інструмент [12; 13], поданий на рис. 4, що складається з корпусу 1, на якому виконані хвостова і робоча частини з чотирма вставними різцями 3, 8, 9, 17 та чотирма напрямними 4, 5, 13, 14 елементами. Напрямні елементи рекомендовано виконувати із полімерного матеріалу, наприклад, поліуретану. Хвостовик, на якому виконана двозахідна різь та циліндрична поверхня служать для співвісного з'єднання інструмента з оправкою. Величина діаметра описаного кола навколо напрямних елементів більше від діаметра оброблюваного отвору на величину 0,6–1 мм. Для підводу мастильно-охолоджувального технологічного середовища (МОТС) в зону різання в корпусі 1 виконаний центральний отвір 2 з вікнами 10, через які подають МОТС до кожного з різців.

Випробування інструменту здійснювалось на ПАТ «Кам'янець-Подільськавтоагрегат» під час оброблення корпусу підсилювача рульової колонки автомобілів марки «КрАЗ» за схемою оброблення «на розтяг» [3; 4] (рис. 5). За цією схемою інструмент 8 закріплюють в оправі 2, яка з'єднана з патроном 1 і процес різання починається з торця А заготовки 7. Для координації напрямлення інструменту використовують люнети 4 і 6, які встановлюють у напрямних стійках 3 і 5. Осьова складова сили різання  $P_x$  створює в оправі 2 нормальні напруження розтягу.

На супорті верстата моделі 1М63 встановлювалась установка, яка показана на рис. 6, а. Установка складається з плити 9 та розміщених на ній механізму 5 базування заготовки, механізму 1 базування інструменту та механізму затиску 6 заготовки.

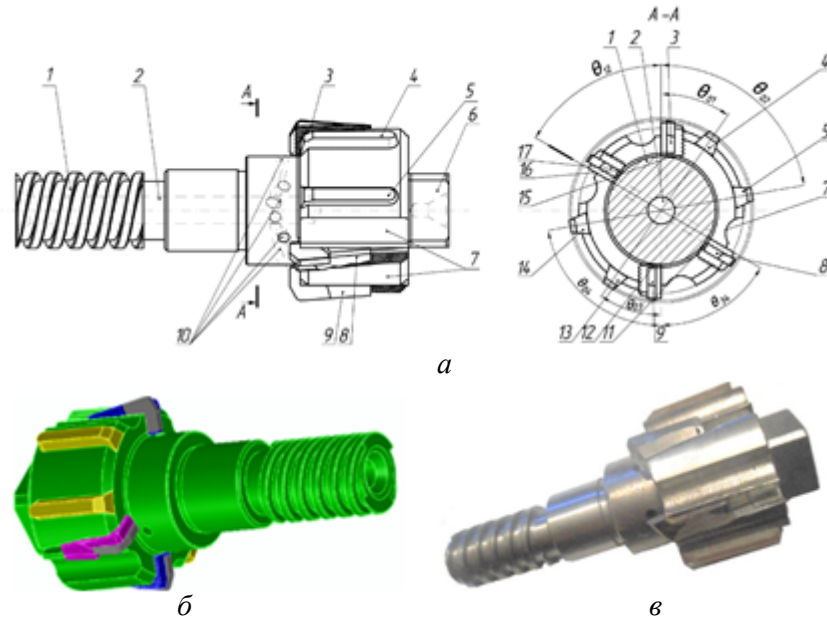


Рис. 4. Конструкція розточувального інструменту з парно-асиметричним розміщенням лез: а – конструктивна схема; б – 3-D модель; в – фотографія

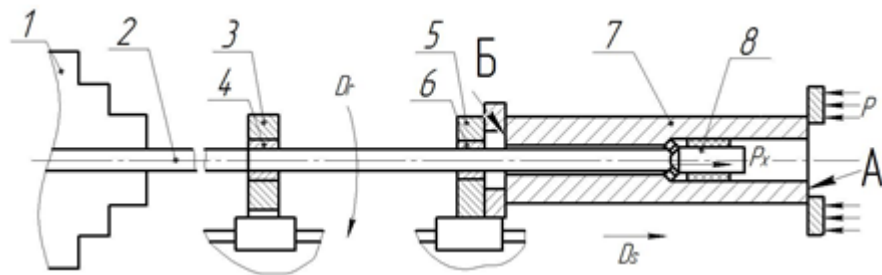


Рис. 5. Схема оброблення глибоких отворів циліндрів «на розтяг»

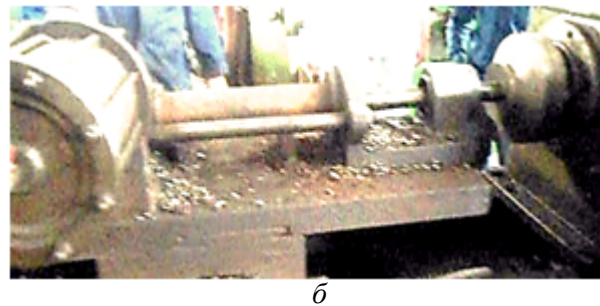
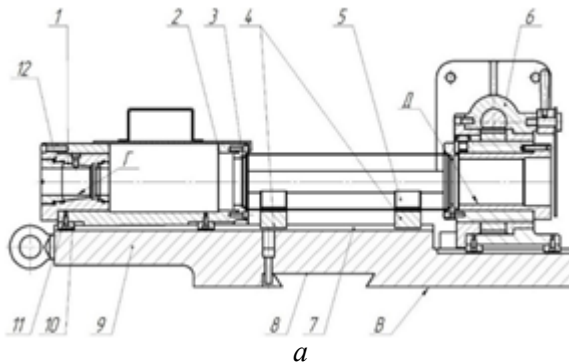


Рис. 6. Установка для оброблення внутрішньої циліндричної поверхні підсилвача рульової колонки автомобіля марки «КРАЗ»: а – принципова конструктивна схема; б – фрагмент установки

У нижній частині плити 9 виконаний паз 8 для з'єднання типу «ластівчин хвіст» установки з поздовжнім супортом (на рис. не показано). Установку встановлено на поздовжньому супорті. Для базування використовується нижня площина В плити 9. Регулювання зазору в з'єднанні типу «ластівчин хвіст» здійснюється з допомогою клину та гвинтів. На верхній плоскій поверхні плити 9 виконані Т-подібні пази 7 для встановлення інших механізмів.

Механізм 5 базування заготовки виконаний у вигляді двох призм 4, які жорстко прикріплені до плити 9 з допомогою гвинтів. Заготовка притискається до втулки 3, що з'єднана з корпусом 2 механізму базування інструменту. У лівій частині плити з боку шпинделя розміщений блок 12, що виконує функцію опори для заготовки та базування

оправки інструменту в процесі оброблення. Блок 12 жорстко встановлений на плиті 9 і зафіксований гвинтами 11 та спеціальними шпонками 10. Основною частиною блока є корпус 2, виконаний у вигляді втулки з вирізаним зверху вікном. Вікно служить для змащування оправки з інструментом.

Випробування проводились наступним чином: заготовка – труба: внутрішній діаметр  $D_6=63$  мм, зовнішній діаметр  $D_3=85$  мм, довжина  $l=400$  мм, матеріал сталь 45 ГОСТ 1050-88, термічна обробка – нормалізація; обладнання – токарно-гвинторізний верстат моделі 1М63 зі спеціальним пристроєм (рис. 6); МОТС – 5%-им розчин емульсолу “Mobil Cutwell -42”.

Режими обробки:

- глибина різання становила  $t=3,5$  мм;
- швидкість різання  $V=110$  м/хв. Частота обертання шпинделя –  $n=500$  об/хв,
- контроль – калібр пробка  $\varnothing 70$  (ПР-НЕ  $\varnothing 70$ Н8), зразки шорсткості.
- значення подач  $s$ , мм/об., при яких здійснювалась обробка були наступними: 0,3; 0,35; 0,4; 0,5. При подачі  $s \geq 0,4$  мм/об шорсткість обробленої поверхні перевищувала задану Ra 1,6. Із врахуванням умови забезпечення максимальної продуктивності та необхідної якості прийняли остаточну подачу  $s=0,35$  мм/об;

До втрати стійкості інструменту оброблено 32 заготовки. За критерій втрати стійкості був прийнятий технологічний критерій, за якого оброблювана поверхня переставала відповідати технічним умовам на виготовлення. Точність оброблення відповідає 8 квалітету. Шорсткість не перевищує Ra 1,6. Продуктивність оброблення підвищується в середньому на 10–15 %.

#### Висновки.

1. Запропонована нова методика конструювання розточувальних інструментів із попарно-асиметричним розміщенням різців.
2. Отримано залежності для визначення параметрів: технологічних (подач на різець та на оберт) та конструкторських (кути розміщення різців та величини корегованих кутів в плані) для інструментів з попарно-асиметричним розміщенням різців, виходячи із забезпеченням заданої розрахункової висоти мікронерівностей обробленої поверхні.
3. На основі запропонованих принципів розроблено конструкцію розточувального інструменту та доведено його ефективність.

#### Список використаних джерел

1. Кривий П. Д. Інструментальне забезпечення процесу розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів / П. Д. Кривий, В. В. Крупа // Вісник ЖДТУ. – 2012. – №2. – С. 23–34.
2. Пуховский Е. С. Безвибрационное многолезвийное резание / Е. С. Пуховский, Г. Э. Таурит, М. И. Лещенко. – К. : Техника, 1982. – 117 с.
3. Обработка глубоких отверстий в машиностроении : справочник / [Жирсанов С. В., Грецишников В. А., Григорьев С. Н., Схиртладзе А. Г.]. – М. : Машиностроение, 2010. – 344 с.
4. Обработка глубоких отверстий / [Уткин Н. Ф., Кижняев Ю. Н., Плужников С. К. и др.] ; под общ. ред Н. Ф. Уткина. – Л. : Машиностроение, 1988. – 269 с.
5. Железнов Г. С. Расточной инструмент / Г. С. Железнов, Ю. А. Голоднова, С. Г. Железнова // Станки и инструмент. – 2004. – № 8. – С. 39–41.
6. Карпусь В. Е. Эффективное растачивание основных отверстий двухрезцовой оправкой / В. Е. Карпусь, Д. А. Миненко // Резание и инструмент в технологических системах. – 2009. – Вып. 76. – С. 63–66.
7. Пат. 2104827 РФ, МПК<sup>6</sup> В 23 В 29/03. Расточная головка / Самыкин В. Н., Волков А. Н., Бурмистров Е. В. ; заявитель и патентообладатель Самарский государственный аэрокосмический университет. – №94025997/02; заявл. 12.07.1994 ; опубл. 20.02.1998.
8. А. с. №1683876 МКІ<sup>3</sup> В 23 В 29/03. Расточная головка для обработки глубоких отверстий / В. Ф. Гилян, (СССР). – №4437654/08; заявл. 08.06.88; опубл. 15.10.1991, Бюл. № 38.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

9. *Обработка* глубоких отверстий. Справочник технолога / [под ред. А. Панова]. – М. : Машиностроение, 2004. – 784 с.

10. *Пат. 72588 UA МПК (2006.01) В 23В 29/03*. Розточувальна головка / Кривий П. Д., Крупа В. В. ; заявник та патентовласник ТНТУ. – u201200904 ; заявл. 30.01.12; опубл. 27.08.2012, бюл. № 16/2012

11. *Кривий П. Д.* Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні / П. Д. Кривий, В. В. Крупа // Вісник ЖДТУ. Технічні науки, 2010. – Т. 4, № 2. – С. 45–56.

12. *Пат. 67542 UA МПК (2006.01) В 23В 51/10*. Багатолезовий різальний інструмент для протяжного розточування внутрішніх циліндричних поверхонь / Кривий П. Д., Крупа В. В., Кушпіль В. С. ; заявник та патентовласник ТНТУ. – u201109467 ; заявл. 28.07.2011; опубл. 27.02.2012, бюл. № 4/2012.

13. *Пат. 73092 UA МПК (2006.01) В 23В 51/10*. Багатолезовий різальний інструмент для витяжного розточування внутрішніх циліндричних поверхонь / Кривий П. Д., Крупа В. В.; заявник та патентовласник ТНТУ. – u201202467 ; заявл. 01.03.2012 ; опубл. 10.09.2012, бюл. № 17/2012.

**Кривий Петро Дмитрович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, Україна).

**Кривий Петр Дмитриевич** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры конструирования станков, инструментов и машин, Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя (ул. Русская, 56, г. Тернополь, 46001, Украина).

**Kryvyi Petro Dmytrovytch** – PhD in Technical Sciences. Associate Professor. Professor of the Design Machine Tools. Tools and Machines Department, Ternopil Ivan Puluj National Technical University (56 Ruska Str., 46001 Ternopil, Ukraine).

E-mail: p.kryvyu@gmail.com

**Кобельник Володимир Романович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, Україна).

**Кобельник Владимир Романович** – кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования станков, инструментов и машин, Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя (ул. Русская, 56, г. Тернополь, 46001, Украина).

**Kobelnuk Volodymyr Romanovytych** – PhD in Technical Sciences. Associate Professor of the Design Machine Tools. Tools and Machines Department, Ternopil Ivan Puluj National Technical University (56 Ruska Str., 46001 Ternopil, Ukraine).

E-mail: v\_kobelnuk@ukr.net

**Крупа Володимир Васильович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, Україна).

**Крупа Владимир Васильевич** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры конструирования станков, инструментов и машин, Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя (ул. Русская, 56, г. Тернополь, 46001, Украина).

**Krupa Volodymyr Vasylovytch** – PhD in Technical Sciences. Associate Professor of the Design Machine Tools. Tools and Machines Department, Ternopil Ivan Puluj National Technical University (56 Ruska Str., 46001 Ternopil, Ukraine).

E-mail: konf.tntu@gmail.com

**Яковлев Володимир Григорович** – кандидат технічних наук, головний інженер Волочиського машинобудівного заводу ПАТ «МоторСІЧ» (вул. Незалежності, 1, м. Волочиск, Хмельницька область, 31200, Україна).

**Яковлев Владимир Григорьевич** – кандидат технических наук, главный инженер Волочискского машиностроительного завода ПАО «МоторСІЧ» (ул. Независимости, 1, г. Волочиск, Хмельницкая область, 31200, Украина).

**Yakovlev Volodymyr Grygorovytych** – PhD in Technical Sciences, Chief Engineer of Volochisk Machine-Building Plant PC «MotorSICH» (1 Nezaleshnosti Str., 31200 Volotchysk, Khmelnytsky region, Ukraine).

УДК 528.3

*Сергій Крячок, Іван Боханов, Людмила Мамонтова***ВПЛИВ РОЗМІРУ ВІДБИВНОЇ ПОВЕРХНІ РЕФЛЕКТОРА НА ТОЧНІСТЬ  
ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ ЕЛЕКТРОННИМ ТАХЕОМЕТРОМ***Сергей Крячок, Иван Боханов, Людмила Мамонтова***ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ОТРАЖАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕФЛЕКТОРА НА  
ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ***Serhiy Kryachok, Ivan Bohanov, Liudmyla Mamontova***THE INFLUENCE OF THE SIZE OF THE REFLECTING SURFACE OF THE  
REFLECTOR ON THE ACCURACY OF DISTANCE MEASUREMENT BY  
ELECTRONIC TOTAL STATION**

Виконано експериментальне дослідження впливу розміру відбивної поверхні рефлектора на точність вимірювання короткої відстані електронним тахеометром. В експерименті використано електронний тахеометр Trimble 3305 DR та рефлектор від електронного віддалеміра «Блеск». Різні розміри (діаметри) рефлекторів моделювались за допомогою бленд з різними внутрішніми діаметрами, які прикріплювались на рефлектор. Виміряна відстань становила 4.310 м. У результаті опрацювання даних експерименту отримано залежність значень виміряної відстані від робочих діаметрів рефлекторів. Гранична похибка визначення середніх значень відстані становила  $\pm 0,3$  мм за випадковою складовою.

**Ключові слова:** геодезична мережа, точність вимірювання відстаней, електронний тахеометр, призмове відбивачі, визначення координат.

Рис.: 5. Табл.: 2. Бібл.: 7.

Выполнены экспериментальные исследования влияния размера отражающей поверхности рефлектора на точность измерения короткого расстояния электронным тахеометром. В эксперименте использован электронный тахеометр Trimble 3305 DR и рефлектор от электронного дальномера «Блеск». Разные размеры (диаметры) рефлекторов моделировались с помощью бленд с разными внутренними диаметрами, которые крепились на рефлектор. Измеренное расстояние составляло 4.310 м. В результате обработки данных эксперимента получена зависимость значений измененного расстояния от рабочих диаметров рефлекторов. Предельная погрешность определения средних значений расстояния составила  $\pm 0,3$  мм по случайной составляющей.

**Ключевые слова:** геодезическая сеть, точность измерения расстояний, электронный тахеометр, призмные отражатели, определение координат.

Рис.: 5. Табл.: 2. Библ.: 7.

Experimental studies of the influence of the size of the reflecting surface of the reflector on the accuracy of measurement of short distances by electronic total station were made. In the experiment used electronic total station Trimble 3305 DR and reflector from electronic rangefinder “Блеск”. Different sizes (diameters) of the reflectors were simulated by using blends with different inner diameters. The blends were attached to the reflector. Distance was 4.310 M. After processing of experimental data was obtained the dependence of the values of the measured distance from the working diameters of the reflectors. The limiting error in determining the average values of the distance was  $\pm 0.3$  mm for the random component.

**Keywords:** surveys net, accuracy of measurement of lines, electronic total station, prismatic reflectors, the determination of the coordinates

Fig.: 5. Tabl.: 2. Bibl.: 7.

**Постановка проблеми.** Для визначення координат точок місцевості у реальному часі застосовуються новітні досягнення техніки – супутникові технології [1]. Разом з тим удосконалюються і наземні засоби координування [2; 3]. Особливе поширення мають електронні тахеометри, які дозволяють визначати координати як з використанням призмових відбивачів (рефлекторів), так і у безвідбивному режимі. Для цього застосовуються або спеціальні відбивні марки, або відбите лазерне випромінювання фіксується безпосередньо від об'єкта. Такий режим роботи використовується для знімання об'єктів та для координування розпланувальних марок на будівельному майданчику.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі [4] виконано аналіз публікацій, присвячених роботі електронних тахеометрів у безрефлекторному режимі в різних погодних умовах, залежно від кольору відбивної поверхні об'єкта, кута відбиття світлового променя, довжини виміряної лінії та застосування відбивних плівок різних виробників. У [5] наведено дослідження похибок вимірювання відстані від розмірів відбивних марок. Доведено, що зі збільшенням розмірів марок похибка визначення відстані зменшується.



**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Застосування безрефлекторного режиму дозволяє вимірювати відстані до кількох сотень метрів, тоді як для створення полігонометричних мереж виникає необхідність визначати відстані до кількох кілометрів. Крім того, точність вимірювання відстаней у безрефлекторному режимі нижча ніж з використанням призми відбиття. Тому визначення особливостей вимірювання відстаней з використанням рефлекторів є актуальною темою для досліджень.

**Мета статі.** Головною метою цієї роботи є дослідження впливу розмірів (діаметрів) відбивної поверхні рефлекторів на точність вимірювання відстані.

**Виклад основного матеріалу.** На рис. 1 показано розташування електронного тахеометра марки Trimble 3305 DR та відбивача на стаціонарних опорах у вигляді стовпчиків під час експерименту, який проводився в лабораторії геодезії навчального корпусу № 22 ЧНТУ. Сутність експерименту полягала у наступному. На рефлектор (рис. 2) у вигляді тріпель-призми, який входив у комплект електронного віддалеміра «Блеск», прилаштовувалась бленда, зовнішній діаметр якої дорівнював діаметру рефлектора, а діаметр отвору був меншим. Візна вісь зорової труби тахеометра наводилась на центр рефлектора. Було використано п'ять бленд із зовнішнім діаметром 57,2 мм, вкритих чорною матовою фарбою з такими діаметрами отворів у міліметрах: 19,8; 26,0; 32,0; 38,0; 45,5. Внутрішній діаметр зорової труби тахеометра дорівнював 45 мм. З кожною блендою на рефлекторі було проведено серії вимірювань відстані. Кожна серія складалась з 80 вимірювань. Було виконано один хід вимірювань, який починався з бленди з найменшим діаметром та закінчувався вимірюванням відстані на відбивач без неї. Другий хід дублював перший. Необхідність у другому ході пов'язана з фіксацією можливого впливу нагрівання тахеометра на стабільність вимірювання відстані.



Рис. 1. Розташування приладів під час експерименту



Рис. 2. Відбивач з блендою

В табл. 1 наведено середні значення відстані в серіях вимірювань, які обчислюються як  $S_i = S' + \Delta S_i = 4,310 \text{ мм} + \Delta S_i$ . Середнє значення систематичної похибки у багатьох подвійних вимірюваннях становило  $c = +0,20/6 = +0,033 \text{ мм}$ . За критерієм значущості систематичної похибки [6] встановлено, що систематична похибка відсутня. Це означає відсутність термічного впливу від роботи тахеометра на стабільність вимірювання відстані.

Таблиця 1

Опрацювання результатів вимірювання відстані

№ п/п	Діаметр бленди, мм	Виміряна відстань $S'=4,310 \text{ м}$		Різниця $d$ , мм	Середнє з ходів, мм	$ d $ , мм
		$\Delta S_i$ , мм I хід	$\Delta S_i$ , мм II хід			
1	19,8	3,71	3,52	+0,19	3,62	0,19
2	26,0	3,64	3,45	+0,19	3,54	0,19
3	32,0	3,35	3,30	+0,05	3,32	0,05
4	38,0	3,04	3,15	-0,11	3,09	0,11
5	45,5	3,09	3,21	-0,12	3,15	0,12
6	52,7	3,46	3,46	0	3,46	0
Сума				+0,20		0,66

Для середніх значень виміряних відстаней та відповідних їм діаметрів бленд побудовано діаграму (рис. 3). Виконано апроксимацію з коефіцієнтом достовірності  $R^2 = 0,948$  за допомогою полінома третього ступеня та отримано залежність виміряної відстані  $S$  від діаметрів бленд  $d_{\text{мм}}$

$$S = 4,310 \text{ м} + (4 \cdot 10^{-5} \cdot d_{\text{мм}}^3 - 0,0035 \cdot d_{\text{мм}}^2 + 0,0735 \cdot d_{\text{мм}} + 3,257 \text{ мм}) \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (1)$$

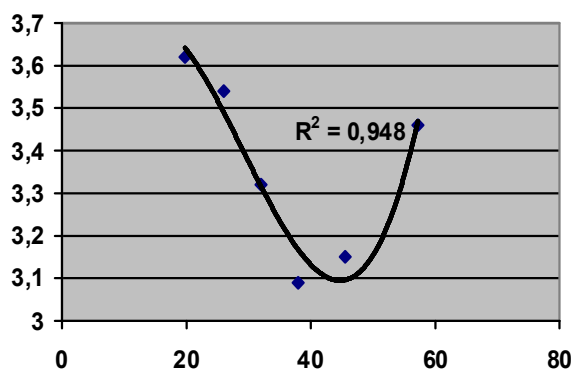


Рис. 3. Залежність середніх значень відстаней від діаметрів бленд

Для розрахунку точності було проведено процедуру перевірки розподілу результатів вимірювань у серіях на відповідність нормальному закону. Враховуючи значні об'єми вибірок, перевірка виконувалась з визначенням асиметрії та ексцесу. Значення асиметрії та ексцесу для кожної з вибірок наведено в табл. 2. Межі критичних областей для асиметрії  $S_{KP}$  та ексцесу  $E_{KP}$  визначались за формулами [6]

$$S_{KP} = t_{\beta} m_S, \quad (2)$$

$$E_{KP} = t_{\beta} m_E, \quad (3)$$

де  $t_{\beta}$  – параметр, що вибирається з таблиць розподілу Стюдента за кількістю ступенів волі  $k = n - 1 = 80 - 1 = 79$  і довірчої ймовірності  $P = 0,95$  та дорівнює  $t_{\beta} = 2,0$  [6].

Тоді  $m_S = \sqrt{6/n} = 0,274$ ,  $m_E = \sqrt{24/n} = 0,548$  [6]. З урахуванням формул (2), (3)  $S_{KP} = 0,548$ , а  $E_{KP} = 1,096$ . Як видно з табл. 2, числові значення асиметрії та ексцесу у

вибірках не перевищують за абсолютною величиною критичних величин. Тому розподіл у серіях значень вимірних відстаней можна вважати таким, що відповідає нормальному закону.

Таблиця 2

Вибіркові значення асиметрії та ексцесу

№ п / п	Діаметр бленди, мм	I хід		II хід	
		Асиметрія	Ексцес	Асиметрія	Ексцес
1	19,8	-0,210	-0,150	-0,347	-0,104
2	26,0	-0,092	-0,104	-0,255	+1,025
3	32,0	-0,137	-0,332	+0,006	-0,190
4	38,0	-0,307	+0,226	+0,107	-0,061
5	45,5	+0,074	-0,301	-0,223	-0,051
6	52,7	-0,369	-0,246	-0,015	-0,321

Електронний тахеометр Trimble 3305 DR дозволяє вимірювати відстань на рефлектор із середньою квадратичною похибкою (СКП)  $m_s = 2\text{мм} + 2\text{мм} \cdot S_{KM}$ , яка для лінії  $S = 4,31$  м дорівнює  $m_s = 2,01$  мм. СКП середнього значення відстані у вибірці з 80 вимірювань становить  $m_{\bar{s}} = 2,01/\sqrt{80} = 0,225$  мм. Межі довірчого інтервалу математичного сподівання  $M_{\bar{s}}$  для довірчої ймовірності  $P = 0,95$ , кількості ступенів волі  $k = 79$  і відповідному їм коефіцієнтові Стьюдента  $t_{\beta} = 2,0$  дорівнює

$$t_{\beta} m_{\bar{s}} = 2,0 \cdot 0,225 = \pm 0,45 \text{ мм.} \tag{4}$$

Межа довірчого інтервалу для середнього значення відстані, визначена з першого та другого ходів, з огляду на (4) дорівнює

$$t_{\beta} \frac{m_{\bar{s}}}{\sqrt{2}} = \pm 0,32 \text{ мм.} \tag{5}$$

На рис. 4 наведено довірчі інтервали математичних сподівань та крива апроксимації середніх значень вимірної відстані. З рис. 4 видно, що довірчі інтервали для ймовірності  $P = 0,95$ , межі яких визначені за формулою (5), частково накривають середні значення, а довірчий інтервал, який відповідає діаметрові бленди 32 мм, накриває всі середні значення вимірної відстані. Здавалося б, що можна констатувати відсутність залежності вимірної відстані від внутрішнього діаметра бленд.

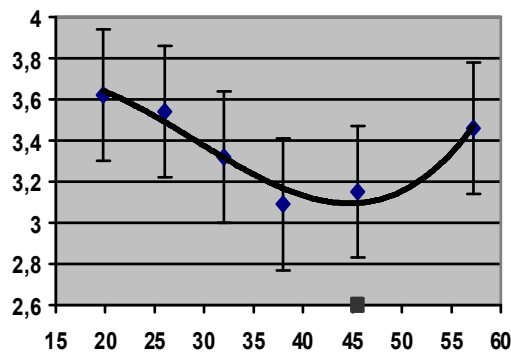


Рис. 4. Довірчі інтервали математичних сподівань в серіях

Але зменшення значення довірчої ймовірності веде до зменшення коефіцієнта  $t_{\beta}$ . У результаті чого, згідно з формулою (4), зменшується і межа довірчого інтервалу математичних сподівань. Крім того, з рис. 5 видно, що середні значення вимірних відстаней у першому та другому ходах знаходяться поруч, а для внутрішнього діаметра бленди 57,2 мм такі значення збігаються. Тому можна констатувати існування залежно-

сті вимірних значень відстані від діаметрів бленд, які моделюють відповідні діаметри рефлекторів. Характерною особливістю такої залежності є те, що найменше значення вимірної відстані знаходиться в межах величини внутрішнього діаметра зорової труби електронного тахеометра (рис. 4, точка 45 мм на осі абсцис).

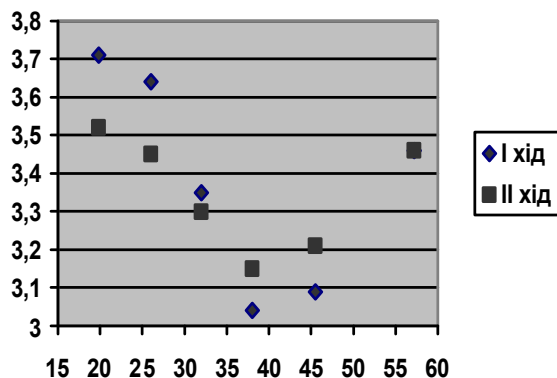


Рис. 5. Відповідність середніх значень відстаней діаметрам бленд по ходах

Згідно з паспортними даними електронного тахеометра Trimble 3305 DR його випромінювання має у поперечному розрізі форму еліпса з кутовими розмірами осей: 0,13 гон ( $0,117^\circ$ ) – по вертикалі та 0,09 гон ( $0,081^\circ$ ) – по горизонталі. Це означає, що на відстані 4,31 м від тахеометра пляма випромінювання на рефлекторі матиме розміри 8,8 мм – по вертикалі та 6,1 мм – по горизонталі. Найменший діаметр бленди, яка застосовувалась у цьому експерименті, дорівнював 19,8 мм. Тобто така бленда ніяк не перекривала діаметр пучка випромінювання від тахеометра, і здавалося не повинна вплинути на вимірювану відстань.

З іншого боку, діаметр  $D$  пучка випромінювання, який падає на об'єкт зорової труби електронного тахеометра, відбитий від рефлектора у вигляді тріпель-призми, розміщеної на відстані  $S$ , визначається відповідно до наших розрахунків за формулою

$$D = 4S \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (6)$$

де  $\alpha$  – кут між осевим променем та крайнім променем пучка, який виходить із зорової труби тахеометра. Згідно з формулою (6) на зорову трубу електронного тахеометра падає відбитий пучок з розмірами:  $D_B = 4 \cdot 4313 \text{ мм} \cdot \operatorname{tg} \frac{0,117}{2} = 17,6 \text{ мм}$  – по вертикалі та по

горизонті  $D_T = 4 \cdot 4313 \text{ мм} \cdot \operatorname{tg} \frac{0,081}{2} = 12,2 \text{ мм}$ . Такі розміри падаючого пучка не будуть повністю заповнювати внутрішній діаметр зорової труби тахеометра розміром 45 мм.

Крім основного пучка лазерного випромінювання, який виходить із зорової труби даного електронного тахеометра, існує вторинне випромінювання. Воно виникає через відбиття та заломлення лазерних променів на оптичних деталях зорової труби та потрапляє як у основний пучок, так і надходить до відбивача самостійно поза основного пучка. Після відбиття відбивними поверхнями рефлектора основний та вторинний пучки знову перетинаються і потрапляють у зорову трубу тахеометра, відбиваються та заломлюються на оптичних деталях і надходять на сенсор приймача сигналу. Через високу когерентність лазерного випромінювання та різні шляхи проходження окремі промені вторинного та основного пучків накладаються та зазнають інтерференції як на шляху до відбивача, так і після нього. Це веде до зміни початкової фази результуючого випромінювання та, як наслідок, – до зміни вимірної відстані фазовим електронним віддалеміром, а також до часового зсуву фазового фронту імпульсів сигналу [7], що впливає на вимірюну відстань імпульсним електронним віддалеміром.

Використання бленд у цьому експерименті частково екранує вторинне випромінювання, яке знаходиться поза основним пучком променів, тим більше, чим менший внутрішній діаметр бленди. Це призводить до зміни значення відстані, що і фіксується під час точного вимірювання з граничною похибкою  $\pm 0,3$  мм. Оскільки бленди різного діаметра імітують різні діаметри рефлекторів, то аналогічне явище можна спостерігати у випадку застосування рефлекторів, розміри робочих діаметрів яких будуть впливати на вимірювання коротких відстаней з точністю  $\pm 0,3$  мм і менше.

**Висновки.** У результаті опрацювання даних експерименту отримано залежність значень вимірюваної відстані від робочих діаметрів рефлекторів. Гранична похибка визначення середніх значень відстані становила  $\pm 0,3$  мм за випадковою складовою.

#### Список використаних джерел

1. Терещук О. І. Відновлення міських полігонометричних мереж згущення сучасними супутниковими технологіями / О. І. Терещук, І. О. Нисторяк, Р. В. Шульц // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2015. – Вип. 82. – С. 59–72.
2. Пат. 93119, Україна, МПК (2011.01) G01C7/00. Спосіб згущення геодезичної мережі / Д. Ф. Байса, В. О. Боровий, В. Г. Бурачек [та ін.] ; заявники та патентов. Д. Ф. Байса, В. О. Боровий, В. Г. Бурачек, П. Д. Крельштейн, С. Д. Крячок. – №а2009 06037; заявл. 11.06.2009; опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1.
3. Крячок С. Д. Побудова полігонометричних мереж зустрічними ходами / С. Д. Крячок, Л. С. Мамонтова // Вісник геодезії та картографії. – 2014. – № 5. – С. 9–12.
4. Тревого І. Дослідження безрефлекторного методу роботи електронними тахеометрами / І. Тревого, О. Лісник // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2013. – Вип. II (26). – С. 141–142.
5. Тарасенко М. І. Методика визначення технічних параметрів електронних тахеометрів при роботі у безвідбивачевому режимі / М. І. Тарасенко, А. Г. Тищенко // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2009. – Вип. 72. – С. 45–52.
6. Войтенко С. П. Математична обробка геодезичних вимірів. Теорія похибок вимірів / С. П. Войтенко. – К. : КНУБА, 2003. – 216 с.
7. Супутникові радіонавігаційні системи : навчальний посібник / авт. кол.: І. В. Корнієнко, В. І. Богом'я, О. І. Терещук, С. П. Корнієнко. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2014. – 280 с.

**Крячок Сергій Дмитрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Крячок Сергей Дмитриевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Kryachok Serhiv** – PhD in Technical Sciences. Associate Professor. Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** kryachock.serg@yandex.ua

**Боханов Иван Иванович** – кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Боханов Иван Иванович** – кандидат военных наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Bokhanov Ivan** – PhD in Military Sciences. Associate Professor. Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** Ivan.bokhanov@gmail.com, gkz.kaf@gmail.com

**Мамонтова Людмила Степанівна** – старший викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Мамонтова Людмила Степановна** – старший преподаватель кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Mamontova Liudmyla** – Senior Lecturer of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** liudmyla.mamontova@yandex.ua

УДК 623.438

*Олег Шаповалов, Денис Колесник, Олексій Журахов, Геннадій Болотов***ІСТОРІЯ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОЛІСНИХ БРОНЬОВАНИХ БОЙОВИХ МАШИН***Олег Шаповалов, Денис Колесник, Алексей Журахов, Геннадий Болотов***ИСТОРИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОЛЕСНЫХ БРОНИРОВАННЫХ БОЕВЫХ МАШИН***Oleg Shapovalov, Denis Kolesnik, Olexsyi Zhurakhov, Gennadyi Bolotov***HISTORY AND TRENDS OF DEVELOPMENT OF THE WHEELED ARMORED FIGHTING MACHINES**

*Розглянуто історію зародження та розвитку колісних броньованих бойових машин. Наведено та проаналізовано основні тенденції вдосконалення цих машин у збройних силах провідних країн світу.*

**Ключові слова:** колісні бойові броньовані машини, історія зародження, тенденції розвитку.

*Рис.: 11. Бібл.: 4.*

*Рассмотрена история зарождения и развития колесных бронированных боевых машин. Приведены и проанализированы основные тенденции совершенствования этих машин в вооруженных силах ведущих стран мира.*

**Ключевые слова:** колесные боевые бронированные машины, история зарождения, тенденции развития.

*Рис.: 11. Библ.: 4.*

*History of origin and development of the wheeled reserved fighting machines is considered. Basic tendencies over of perfection of these machines are brought and analysed in the armed forces of leading countries of the world.*

**Key words:** the wheeled fighting reserved machines, history of origin, progress trend.

*Fig.: 11. Bibl.: 4.*

**Вступ.** Ідея створення броньованої машини, здатної захистити піхоту від смертельного кулеметного та багнетного вогню, виникла ще в роки Першої світової війни, практично одночасно із появою танків. Одним з прикладів ранніх зразків машин такого роду може бути розроблений у Великобританії в 1917 році важкий броньований гусеничний транспортер Mk IX, призначений для перевезення 50 чоловік або 10 т вантажу.

Неперервне покращення тактико-технічних характеристик танків вже у 20-і та 30-і роки ХХ сторіччя призвело до докорінної зміни поглядів на ці броньовані машини. Із засобу підтримки піхоти вони переросли у самостійний рід військ, здатний вирішувати різноманітні оперативні задачі. Різко зросла їх швидкість – до 40...60 км/год, і піхота вже фізично не мала можливості їх супроводжувати.

Наприкінці 30-х років у складі сухопутних військ Германії і Радянського Союзу з'являються великі танкові і механізовані з'єднання. Досвід громадянської війни в Іспанії та інших локальних конфліктів засвідчив, що розвиток нового роду військ потребує оснащення мотопіхоти бойовими броньованими машинами, що не поступаються за рухомістю та прохідністю танкам, які вони супроводжують, забезпечують ефективне застосування зброї десантом.

Але для їх розроблення вже не залишалось часу, і у Другу світову війну сухопутні армії воюючих країн ввійшли практично без бронетранспортерів. Це одразу ж вплинуло на хід бойових дій.



*Рис. 1. Напівгусеничний бронетранспортер «Ганомаг» (Германія, 1940)*

Піхота, що рухалась за танками на автомобілях, або застрягала на бездоріжжі, або, потрапивши під вогонь противника, несла значні втрати, тобто втрачала боєздатність сама і залишала без необхідної вогневої підтримки супроводжувані танки.

Першою це відчула країна-агресор: вже з 1940 року германська армія стала застосовувати у мотопіхотних підрозділах середній напівгусеничний бронетранспортер фірми «Ганомаг» Sd.Kfz.251 (рис. 1) та його модифікації [1].



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Рівноцінну конструкцію, але дещо пізніше, у 1942 році, отримали союзні армії. У США поспіхом фірмою Уайт було розроблено сімейство аналогічних напівгусеничних бронетранспортерів М2, М3, М5 та М9 (рис. 2). В обмеженій кількості ці машини поставлялись за ленд-лізом для озброєння Червоної армії.



Рис. 2. Напівгусеничний бронетранспортер М3 (США, 1942)

Випускалися броньовані транспортні засоби для піхоти і в Японії. Це були напівгусеничний «Хоха» та гусеничний «Хокі». Останній застосовувався у боях на Філіппінах у 1944 році.

У ті ж часи в арміях воюючих країн достатньо широко застосовувались і повністю колісні бойові броньовані машини, однак їх роль обмежувалась розвідувальними функціями. Так, у Радянському Союзі наприкінці 30-х років була розроблена серія розвідувальних машин БА-6, БА-9 та ін. (рис. 3) із різною колісною формулою та озброєнням від кулеметного до гарматного.



Рис. 3. Бронеавтомобіль БА-11 6х4 (СРСР, 1940)

Германська армія також ефективно застосовувала для цілей розвідки важкі бронеавтомобілі фірми «Бюссінг-НАГ» Sd.Kfz.263 (рис. 4, а), які також застосовувались як пересувні командні пункти, та легкі бронеавтомобілі фірми «Хорьх» Sd.Kfz.221, які діяли у складі танкових підрозділів вермахту (рис. 4, б).



а



б

Рис. 4. Армійська розвідувальна бронемашина Sd.Kfz.263 (а) та легкий бронеавтомобіль Sd.Kfz. 221 (Хорьх-801) – розвідка германських танкових колон (б)

**Постановка проблеми.** Однак, незважаючи на доволі широке застосування колісних броньованих машин, у першу чергу бронетранспортерів, у ході Другої світової війни (тільки у США їх було вироблено близько 40 тисяч), жодна з воюючих країн не зуміла створити бойову машину для піхоти, що повністю відповідає поставленим до неї вимогам. А ті, що стояли на озброєнні армій, були недостатньо броньовані та погано озброєні, не володіли доброю прохідністю.

**Мета роботи.** Метою статті є дослідження тенденцій розвитку колісних броньованих бойових машин та сучасних вимог до їх проектування.

**Викладення основного матеріалу.** Саме тому у післявоєнний період головною метою конструкторів стало створення бойової машини нового типу, що поєднує у собі якості танка і бронетранспортера. В першу чергу увага була приділена колісним машинам, що мають дешевий колісний рушій, в якому застосовуються вузли та механізми серійних автомобілів підвищеної прохідності, володіють значним запасом ходу, аеротранспортабельністю, малою шумливістю.

Першими масовими бронетранспортерами (випущено більше 12 тисяч одиниць) у Радянському Союзі стали БТР-152 (рис. 5). Створені на базі вантажних автомобілів підвищеної прохідності ЗІЛ-151, вони мали відкритий зверху корпус і за бойовими якостями ще не були принципово новими машинами. В той же час слід відзначити, що крім броньованого захисту, вони відрізнялись від попередників воєнної пори підвищеною маневреністю і швидкістю, більшою всюдихідністю.



Рис. 5. БТР-152 6x6 (СРСР, 1955)

На початку 60-х років у Радянському Союзі розпочався випуск плаваючих бронетранспортерів БТР-60П (рис. 6, а), які на той час найбільш повно відповідали вимогам сучасного загальновійськового бою. Повністю закритий корпус із бійницями та два кулемети у башті, що обертається, дозволяли десанту вести вогонь, не виходячи з машини, а вісьмиколісна платформа із усіма ведучими та керованими колесами забезпечувала гарну прохідність. У подальшому на базі прогресивних конструкторських ідей, закладених у цьому бронетранспортері, були створені і прийняті на озброєння його модифікації БТР-70, БТР-80 та БТР-90, які застосовуються не тільки як транспортери переднього краю, призначені для доставки піхоти на рубіж розгортання і підтримки її вогнем бортової зброї, а й як рухома платформа для встановлення важкого артилерійського озброєння (рис. 6, б).



Рис. 6. Бронетранспортер БТР-60ПБ (1961) (а) та 120-мм самохідна артилерійська гармата Нона-СВК на шасі БТР-80 (1987)



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Нині бронетранспортери є самою масовою складовою збройних сил провідних держав світу. Основне завдання – захист десанту, екіпажу та обладнання від вогню противника, забезпечується, як правило, застосуванням зварного броньованого корпусу. У переважній більшості машин для захисту використовується сталева броня товщиною 6...10 мм, що забезпечує захист від куль стрілецької зброї калібру 7,62 мм та від осколків снарядів та мін. Для підвищення ефективності захисту лобові листи корпусу встановлюють під значними кутами нахилу: верхній лобовий лист – під кутом 60...80°, нижній лобовий лист – під кутом 45...60°. Це дозволяє забезпечувати захист від куль калібру 12,7 та 14,5 мм. Бортові листи встановлюються під кутами нахилу до 25...30°. Як приклад раціонального розташування броньових листів можна прийняти серію броньованих автомобілів «Коммандо» із колісною формулою 4x4 та 6x6 компанії «Каділлак Гейдж Текстрон» (США) розробки 1971...2003 років (рис. 7). Ці умови не приймаються як обов'язкові для броньованих автомобілів, призначених для виконання розвідувальних та пошуково-рятувальних задач, бойового патрулювання та транспортування піхоти, тобто таких, що не приймають безпосередньої участі у бойових діях. Типовим прикладом таких машин є гама легких багатоцільових броньованих автомобілів армії США, широко відомих під загальною назвою «Хаммер» (рис. 8).



Рис. 7. Броньований автомобіль «Коммандо» V150



Рис. 8. Легкий броньований автомобіль M1114 «Хаммер»

Підвищення товщини лобової броні до 20...22 мм, що застосовується на багатьох броньованих розвідувальних машинах, таких як «Лукс» А2 (Германія), «Сукурі» ЕЕ-18 (Бразилія) та ін., забезпечує захист від більшості снарядів автоматичних гармат калібру 20...25 мм. Останніми роками для захисту починає застосовуватись багатошарова алюмінієва броня товщиною до 38 мм, яка забезпечує стійкість від куль калібру 14,5 мм, але має меншу масу порівняно із сталевим бронюванням. Також, на сучасних бойових машинах забезпечується захист днища від протитанкових мін із зарядом вибухової речовини до 8...9 кг.

Живучість бойових машин значною мірою визначається також їх рухомістю та прохідністю. З цією метою на більшості машин застосовують широкопрофільні шини низького тиску та централізовану систему регулювання тиску в них. На розвідувальних машинах і транспортерах переднього краю ефективно застосовують низькопрофільні та безкамерні шини, що дозволяють продовжувати рух навіть при їх багатократному прострілі на відстань до 50...100 км при швидкості 40...50 км/год.

Висока рухомість машин забезпечується, також, широким застосуванням економічних дизельних двигунів, у багатьох випадках багатопаливних. Бензинові двигуни застосовуються нині досить обмежено. Найбільш характерні значення питомої потужності для сучасних колісних бойових машин становлять 20...35 к.с./т, при цьому запас ходу по паливу досягає 800...1000 км.

Штатне озброєння колісних броньованих розвідувальних машин та бронетранспортерів з колісною формулою 4x4 та 6x6 складається, як правило, з 7,62, 12,7 або 14,5 мм ку-

лемета, чи 20...25 мм автоматичної гармати, встановлених на турелі відкрито або у частково чи повністю закритій броньованій башті. Однак завдяки достатньо об'ємному десантному відділенню бронетранспортери являють собою зручну базу для створення різних бойових машин, у тому числі і з достатньо потужним озброєнням. Як приклад можна навести вказану вище самохідну 120-мм гармату «Нона-СВК» (СРСР, 1987), розвідувальні бронемашини «Чентауро» В-1 та В-2 (Італія, 1990 р. та 1998 р. відповідно) та «Руйкет» (ІАР, 1999), з колісною формулою 8х8, оснащені 105 мм гарматами (рис. 9).



Рис. 9. Розвідувальні бронемашини «Руйкет» (а) та «Чентауро» В-1 (б)

Ці машини призначені для вирішення широкого кола задач – від ведення військової розвідки до вогневої підтримки загальновійськових підрозділів та боротьби із танками противника. Іноді їх класифікують як «самохідна протитанкова гармата».

Крім перелічених вище загальних вимог до броньованих бойових машин, на сучасному етапі до них висуваються додаткові вимоги, що суттєво підвищують їх тактико-технічні характеристики. Загалом, сучасні вимоги до проектування бронемашин можна звести до таких [2]:

- висока захищеність від різних видів зброї, у тому числі мала помітність у всіх діапазонах хвиль електромагнітного випромінювання – оптичному, звуковому, тепловому, радіохвильовому;

- оперативна і тактична рухомість, висока прохідність при відносно значній бойовій масі;

- придатність до неперервного бойового використання у складних кліматичних умовах, забезпечення живучості й автономності при дії зовнішніх впливів;

- відповідність заданому рівню бойової готовності;

- модульна конструкція;

- максимальний корисний заброневий об'єм, що забезпечує оптимальні ергономічні характеристики;

- зручність технічного обслуговування протягом усього терміну експлуатації.

Додатково всі бойові машини оснащуються засобами захисту від зброї масового ураження, фільтровентиляційними установками, електролебідками, протипожежним обладнанням та засобами спостереження і зв'язку.

Дуже важливим конструктивним підходом є розширення функціональних можливостей машин, тобто здатність до модернізації шляхом створення сімейства на основі єдиних вузлів та агрегатів базового зразка. При цьому водночас знижуються терміни та витрати на розробку та виробництво машин.

Саме на підставі цих вимог була розроблена перспективна модульна багатоцільова бойова машина сімейства GTK/MRAV/VBCI, створена у межах міжнародного проекту Німеччина – Франція – Великобританія у 2004 р. (рис. 10).



Рис. 10. Багатоцільовий бронетранспортер GTK/MRAV/VBCI (2004 р.)

Розроблена машина, яка поступає у війська країн НАТО з 2006 р. під назвою «Боксер», є універсальною завдяки значному корисному заброневому об'єму –  $11 \text{ м}^3$ , що приблизно на 30...35 % перевищує наявні показники, високій прохідності при бойовій масі 28...33 т, і тому може виконувати широке коло задач – слугувати транспортером, командним пунктом, санітарною машиною або нести різноманітне озброєння. Загальна потреба у таких нових машинах у військах країн блоку визначена на рівні до 5000 одиниць.

У Збройних силах України нині налічується значна кількість бронетранспортерів БТР-60, -70, -80. Але всі ці машини були розроблені у 70-і, 80-і роки і на сьогодні є фізично й морально застарілими та потребують заміни. До відносно сучасних можна віднести лише бронетранспортери БТР-80, які втім теж потребують удосконалення конструкції. Дійсно сучасною конструкцією у ЗСУ можна вважати лише обмежену кількість бронетранспортерів БТР-4, які значною мірою відповідають переліченим вище вимогам. Ергономічне компонування машини дає можливість трансформувати десантний і бойовий відсіки для створення машин різного функціонального призначення (вогневої підтримки, командно-штабної, санітарної, ремонтно-евакуаційної) [3], не змінюючи при цьому технічні рішення щодо розміщення трансмісії, силової установки та відсіку управління (рис. 11).



Рис. 11. Бронетранспортер БТР-4Е із бойовим модулем БАУ-23

Світовий досвід останніх десятиліть показує, що збройні конфлікти супроводжуються не широкими наступальними діями, як у минулому, а локальними протистояннями на обмеженій території, у містах та селищах. Для ведення маневрених бойових дій у міській забудові в арміях багатьох країн знаходить поширення клас легких броньованих машин із колісною формулою 4x4, масою до 8...10 т та відносно легким озброєнням. В Україні у зв'язку із подіями на південному сході країни також розпочато проектування та випуск легких бронетранспортерів («Кугуар», «Спартан», «Дозор» та ін.). Однак обмаль часу, широке коло проектних організацій та підприємств-виробників ще

не дали змоги сформулювати єдину концепцію таких машин і тому їм поки що притаманні «хвороби росту».

У цілому, нині колісні бронемашини, до яких у першу чергу відносять загальновійськові бойові машини, що призначені для транспортування механізованих піхотних підрозділів і їх вогневої підтримки в бою, зокрема бронетранспортери, являють собою основну (за кількістю) складову військової техніки в арміях провідних країн світу. Зокрема, у Збройних силах Російської Федерації їх налічується більше 25000 одиниць, Франції – близько 5000 [4].

#### **Висновки:**

1. Колісні ББМ завдяки універсальності, високій мобільності, скритності, аеротранспорбельності є основою сучасних армій провідних країн світу.

2. Основним напрямком у проектуванні сучасних ББМ є застосування модульної конструкції, що дозволяє створювати на основі базової моделі видів машин різного функціонального призначення із суттєвим скороченням витрат ресурсів та часу.

#### **Список використаних джерел**

1. *Кочнев Е. Д.* Энциклопедия военных автомобилей 1769-2006 / Е. Д. Кочнев. – М. : За рулем, 2006. – 640 с.
2. *Шунков В. Н.* Бронетехника : справочное издание / В. Н. Шунков. – Минск : Попурри, 2004. – 752 с.
3. *Перспективи переозброєння сухопутних військ Збройних сил України бронетранспортерами вітчизняного виробництва / О. І. Покотило, О. В. Устименко, В. І. Пеньковський, С. С. Гаценко // Збірник наукових праць Військової академії. – 2014. – № 2 (2). – С. 6–11.*
4. *Бронетанковая техника мира : справочник / под ред. Н. Н. Новичкова. – М. : ИНТИРОСП, 2006. – 368 с.*

**Шаповалов Олег Леонідович** – начальник відділу, Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України (вул. Стрільська, 1, м. Чернігів, 14003, Україна).

**Шаповалов Олег Леонидович** – начальник отдела, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, г. Чернигов, 14003, Украина).

**Shapovalov Oleg** – Chief of department, State scientifically-proof-of-concept center of Armed forces of Ukraine (1 Shooter Str., 14003 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** ak1149cv@ukr.net

**Колесник Денис Миколайович** – начальник відділення, Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України (вул. Стрільська, 1, м. Чернігів, 14003, Україна).

**Колесник Денис Николаевич** – начальник отделения, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, г. Чернигов, 14003, Украина).

**Kolesnik Denis** – Chief of separation, State scientifically-proof-of-concept center of Armed forces of Ukraine (1 Shooter Str., 14003 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** denis1971@ukr.net

**Журахов Олексій Васильович** – старший науковий співробітник, Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України (вул. Стрільська, 1, м. Чернігів, 14003, Україна).

**Журахов Алексей Васильевич** – старший научный сотрудник, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, г. Чернигов, 14003, Украина).

**Zhurakhov Oleksyi** – Senior staff scientist, State scientifically-proof-of-concept center of Armed forces of Ukraine (1 Shooter Str., 14003 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** laos00000@gmail.com

**Болотов Геннадій Павлович** – доктор технічних наук, професор кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Болотов Геннадий Павлович** – доктор технических наук, профессор кафедры сварочного производства и автоматизированного проектирования строительных конструкций, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Bolotov Gennadyi** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Welding Technology and CAD/CAM/CAE Systems of Building Structures, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** bolotov49@mail.ua



## РОЗДІЛ III. ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ

УДК 621.791.01:666.1.037.42

*Леонід Березін, Ірина Прибитько, Тимур Ганєєв*

### ВПЛИВ ФІЗИЧНОГО КОНТАКТУ НА УТВОРЕННЯ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ В ТВЕРДІЙ ФАЗІ ДІЕЛЕКТРИКІВ З МЕТАЛАМИ

*Leonid Berezin, Irina Prybytko, Timur Hanieiev*

### ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО КОНТАКТА НА ОБРАЗОВАНИЕ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ ДИЭЛЕКТРИКОВ С МЕТАЛЛАМИ

*Leonid Berezin, Irina Prybytko, Timur Hanieiev*

### PHYSICAL CONTACT INFLUENCE ON FORMATION OF THE WELDING CONNECTION IN HARD PHASE OF DIELECTRICS WITH METALS

*Надані результати досліджень з визначення оптимальних умов утворення фізичного контакту й отримання якісного зварного з'єднання ситалів і скла з алюмінієм у процесі зварювання в зовнішніх електричних полях високої напруги.*

**Ключові слова:** фізичний контакт, зварювання в електричних полях, поляризація діелектрика, скло, ситали, алюміній.  
*Рис.: 8. Табл.: 2. Бібл.: 9.*

*Представлены результаты исследований по определению оптимальных условий образования физического контакта и получения качественного сварного соединения ситаллов и стекол с алюминием при сварке во внешних электрических полях высокого напряжения.*

**Ключевые слова:** физический контакт, сварка в электрических полях, поляризация диэлектрика, стекло, ситаллы, алюминий.

*Рис.: 8. Табл.: 2. Библ.: 9.*

*The results of studies to determine the optimal conditions for the formation of physical contact and produce quality weld glass ceramics and glasses when welding aluminum in external electric fields of high voltage.*

**Key words:** physical contact, welding electric field, the polarization of the dielectric, glass, glass ceramics, aluminum.

*Fig.: 8. Tabl.: 2. Bibl.: 9.*

**Постановка проблеми.** У теорії процесів зварювання загальноприйнятим є двостадійний процес утворення зварного з'єднання [1]:

- механічна взаємодія (утворення фізичного контакту);
- хімічна взаємодія (утворення хімічних зв'язків, фізико-хімічні процеси, протікання яких забезпечує утворення якісного зварного з'єднання). Якість утворення фізичного контакту відіграє особливо важливу роль під час зварювання у твердій фазі (дифузійне зварювання у вакуумі, зварювання в електричних полях тощо).

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Для таких матеріалів, як скло і ситали при з'єднанні їх з металами в електричному полі високої напруги питання про утворення фізичного контакту як у теоретичному, так і у практичному плані ще не достатньо розкрито і потребує подальших досліджень [2].

**Мета статті.** В цій роботі ставилося за мету визначити оптимальні умови для утворення фізичного контакту й отримання якісного зварного з'єднання ситалів і скла з алюмінієм у процесі зварювання в зовнішніх електричних полях високої напруги.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Головними факторами, що перешкоджають утворенню фізичного контакту під час зварювання у твердій фазі, є:

- наявність мікрошорсткості та її величина;
- забрудненість поверхонь, що зварюються.

У початковий момент зварювання у твердій фазі два тіла контактують в окремих точках (рис. 1).

У загальному випадку розрізняють такі види контакту двох тіл:

1) фізичний контакт (відстань між поверхнями сумірна з розмірами елементарної кристалічної решітки тіл, що з'єднуються);

2) механічний контакт (роз'ємне з'єднання з товщиною межових шарів від частин міліметра до частин мікрометра);

- 3) електричний контакт (будь-який механічний, крізь який протікає електричний струм);
- 4) контакт з'єднання – це механічний контакт, перетворений у процесі зварювання у нероз'ємне з'єднання;
- 5) фактичний контакт (та частина механічного контакту, по якому забезпечується фізичний контакт).

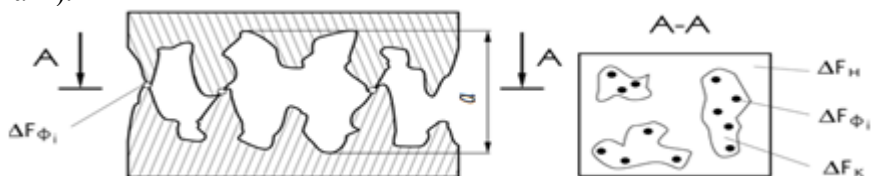


Рис. 1. Схема механічного контакту двох твердих тіл:

$a$  – максимальна відстань між западинами поверхонь;  $\Delta F_{\phi i}$  – площа елементарного фізичного контакту;  $F_n$  – номінальна площа контакту (площина поперечного перерізу тіл, що зварюються, в зоні зварювання);  $\Delta F_k$  – елементарна контурна площа контакту (площина, у межах якої групуються окремі мікроконтакти)

Для отримання якісного зварного з'єднання необхідно, щоб номінальна площа контакту  $F_n$  дорівнювала площі фізичного контактів  $F_{\phi}$ :

$$F_n = F_{\phi}. \quad (1)$$

Площа фізичного контакту визначається як:

$$F_{\phi} = n \Delta F_{\phi i}, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість елементарних точкових контактів, де відбувається фізичний контакт.

Наявність мікросорсткості поверхонь, що зварюються, та різного роду шарів на них (для металу показано на рис. 2) під час зварювання у твердій фазі веде до того, що умова (1) не виконується. Більш того, на практиці, в перший момент зварювання має місце співвідношення (3):

$$F_n \gg F_{\phi}. \quad (3)$$

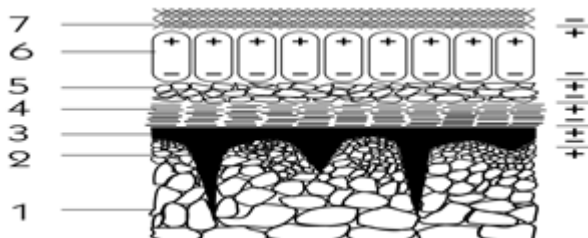


Рис. 2. Схема основних видів адсорбованих шарів на поверхні металу (узагальнений вигляд):  
1 – відносно впорядкована структура металу в об'ємі; 2 – розупорядкована структура приповерхневого шару металу; 3 – оксидний шар; 4 – шар іонів кисню; 5 – молекули води; 6 – молекули жиру; 7 – пилоподібні частинки

У процесі зварювання в електричному полі середнє арифметичне відхилення профілю поверхні діелектрика (скло, ситали), що зварюється, повинна бути  $R_a \leq 0,02$  мкм. Якщо ця умова не виконується отримання якісного зварного з'єднання не можливо і в багатьох випадках зварювання заготовок в загалі не відбувається [2].

Необхідна для зварювання величина мікросорсткості поверхні алюмінію визначається його механічними властивостями і товщиною. У випадку, коли зварювання в електричному полі відбувається без зовнішнього тиску метал повинен мати здібність до активної пружно-пластичної деформації. Цій умові добре відповідає алюміній марки А999. Величина мікросорсткості поверхні, що отримана за допомогою резистивного напилювання на неї алюмінію товщиною 1–2 мкм може не контролюватися. У разі використання алюмінієвої фольги товщиною не більше 0,04 мм величина мікросорст-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

кості її поверхні повинна становити  $R_a \leq 0,144$  мкм (міцність зварних з'єднань на відрив більше 25 МПа). При товщині вказаної марки алюмінію до 0,68 мм (міцність зварних з'єднань на відрив не менше 25 МПа) і до 3 мм (міцність зварних з'єднань на відрив не менше 12 МПа) величина мікрошорсткості поверхні повинна бути розмірна з мікрошорсткістю поверхні діелектрика і може бути отримана обробленням алюмінію тиском за допомогою скла або ситалу попередньо відполірованого до  $R_a \leq 0,02$  мкм. При цьому відносна деформація стиску алюмінію повинна бути не менше 22 %, і характеризуватися дзеркальним блиском. Взагалі цей процес можна сумішати безпосередньо з процесом зварювання. В такому випадку у процсі зварювання необхідно використовувати зовнішній тиск на складання, що зварюється.

Визначення величини мікрошорсткості поверхонь, що зварюються, можна проводити за допомогою профілографа-профілометра типу А1 моделі 252.

На поверхні твердого тіла перед зварюванням у загальному випадку знаходяться шари оксидів, газів, жирів, молекул води та інших речовин (рис. 2). Розподіл шарів забруднень між собою у кожному випадку може відрізнятись. Наявність таких шарів не дозволяє встановити хімічні зв'язки між поверхнями, що з'єднуються.

Загалом під час очищення скла і ситалів, крім самого очищення, відбувається зміна мікрошорсткості поверхонь (за рахунок розтравлювання) і зміна кислотності поверхні, що буде зварюватися. Внаслідок присутності лужноземельних металів скло і ситали всередині об'єму мають основні властивості. Під дією вологи навколишнього середовища (молекул води), хімічних розчинів під час очищення скла має місце вилугування модифікаторів, які в подальшому змиваються з поверхні скла у вигляді лужних розчинів. Тому приповерхневий шар скла являє собою сітку зі склоутворювача (наприклад, оксид кремнію  $\text{SiO}_2$ ), у порах якого знаходиться кремнієва кислота, яка володіє кислотними властивостями, тому поверхня тіла в такому випадку має кислотні властивості. Крім того, в наслідок механічного оброблення (полірування, шліфування) поверхневий шар скла і ситалів покрито сіткою мікротріщин, тому міцність зварних з'єднань на основі скла і ситалів для багатьох випадків у 2–10 разів менша, ніж міцність самого об'єму.

Результати проведених досліджень [3] показали, що оптимальний варіант очищення поверхні ситалу (наприклад, СО-115М) перед зварюванням з алюмінієм в електростатичному полі, це оброблення полірованої поверхні ситалу за схемою: ацетон – неорганічний розчин з основними властивостями ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ [50]+ $\text{KOH}$ [10]+ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ [20]+рідке скло) – хромова суміш ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ [99]+ $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Вказане комбіноване очищення забезпечує найбільш ефективне очищення та видалення мікротріщин у приповерхневому шарі скла та ситалів.

Для поверхні алюмінію товщиною 1–2 мкм, що отримана за допомогою резистивного напилювання на діелектрик, очищення не проводиться. Очищення алюмінієвої фольги безпосередньо перед зварюванням достатньо проводити протиранням технічним спиртом (найкращі результати якості зварювання досягаються при товщині фольги до 0,04 мм). Для алюмінію, що піддавався пресуванню, очищення краще проводити у вигляді травлення в  $\text{NaOH}$  ( $200 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ ), при цьому діелектрик, який використовується для оброблення алюмінію тиском, повинен бути очищеним за пропонованою вище схемою. Особливу увагу треба приділяти контролю якості щодо підготовки до зварювання поверхонь, що з'єднуються [4].

Експериментально встановлено, що для утворення фізичного контакту при товщині алюмінію до 0,04 мм зовнішній тиск на складання, що зварюється, не потрібен (зварювання без тиску). У випадку використання більших товщин алюмінію, особливо більше 0,1 мм, необхідно використовувати зовнішній тиск (зварювання з тиском).

У роботах [4; 5] встановлено, що на утворення фізичного контакту і міцність зварного з'єднання діелектрика з металом визначальний вплив мають процеси поляризації, що реалізуються в діелектрику під час зварювання. На це вказує зміна міцності зварного з'єднання і характер спаду густини струму абсорбції в діелектрику під час зварювання, який характеризує протікання в ньому процесів поляризації. Крім того, була отримана емпірична залежність питомої сили відриву  $\sigma_{від}$  алюмінієвої фольги (рис. 3, а) від величини мікрошорсткості матеріалів, що зварюються, і яка має вигляд (4):

$$\sigma_{від} = \frac{B}{R_{ac}^2}, \quad (4)$$

де  $B$  – константа, яка знайдена емпіричним шляхом і залежить від виду складань під зварювання та діапазону величин мікрошорсткості поверхонь, що зварюються;

$R_{ac}^2$  – сумарна величина середніх арифметичних відхилень профілю поверхонь алюмінію і діелектрика.



Рис. 3. Схеми випробувань на відрив

Під час зварювання без використання зовнішнього стиску зразків, що зварювалися, встановлено, що вже в перші 10 с зварювання досягається до 90 %, після 7 хвилин зварювання – не менше ніж 95 % міцності з'єднання, яке було отримано після 60 хвилин подачі електричної напруги на зразки, що зварюються. Після випробувань на відрив (рис. 3, б) після 10 с зварювання на поверхні ситалу в зоні зварювання відсутні явні ознаки утворення зварного з'єднання (рис. 4, а). Є лише окремі зони, де відбувається схоплення поверхонь, що зварювалися. Через 7 хвилин зварювання (рис. 4, з) виривання із ситалу вже має місце по всій номінальній площині з'єднання (схема зварювання рис. 5) і характер виривання вказує, що утворення якісного зварного з'єднання відбулося. При подальшій подачі електричної напруги (7–60 хв) на зразки, що зварюються, величина і характер виривання практично не змінюється.

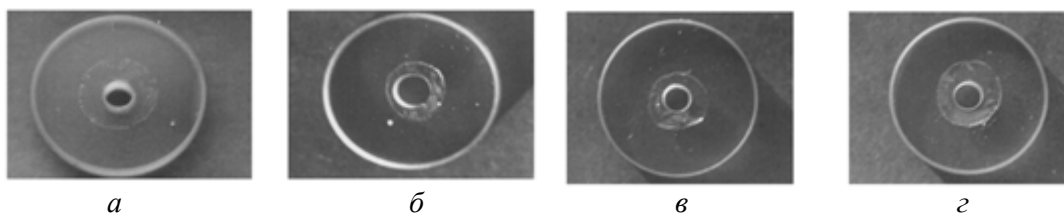


Рис. 4. Вплив часу подачі електричної напруги на характер виривань з ситалу при механічних випробуваннях: а – 10 с; б – 60 с; в – 300 с; г – 420 с

У результаті процесу поляризації діелектрика на його поверхнях накопичуються електричні заряди і, як наслідок (рис. 6), утворюється подвійний електричний шар на границі контакту двох поверхонь, що зварюються. Між поверхнями виникають сили Кулона [6]:

$$F = \frac{q_1 q_2}{\varepsilon_0 \varepsilon_r 4\pi R^2} R_0, \quad (5)$$

де  $F$  – механічна сила, що діє між двома зарядами  $q_1$  і  $q_2$ ;

$R$  – відстань між зарядами;

$\varepsilon_0$  – електрична стала;



$\epsilon_r$  – відносна діелектрична проникливість матеріалу діелектрика (чим більша величина  $\epsilon_r$ , тим більші  $q_1$  і  $q_2$ );

$R_0$  – одиничний вектор, який направлено по прямій, що з’єднує точкові заряди.

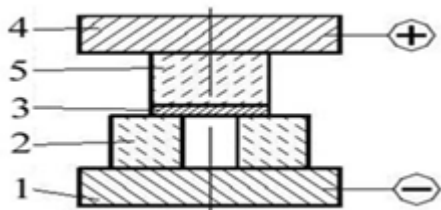


Рис. 5. Схема зварювання:

- 1 – електрод-катод; 2, 5 – ситал;
- 3 – алюмінієва прокладка;
- 4 – електрод-анод

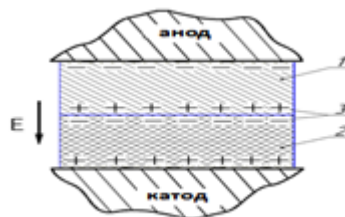


Рис. 6. Схема утворення подвійного електричного шару:

- $E$  – напруженість зовнішнього електричного поля; 1 – метал; 2 – діелектрик; 3 – подвійний електричний шар

При розгляді питання про утворення подвійного електричного шару між склом (ситалом) і алюмінієм треба враховувати хімічний склад і властивості діелектрика та оксиду алюмінію, що знаходиться на поверхні алюмінієвої деталі і безпосередньо контактує з діелектриком.

Оксид алюмінію ( $Al_2O_3$ ) хоча і є напівпровідником  $n$ -типу, але має не погані діелектричні властивості з  $\epsilon_r=9,5 - 10$ . Діелектричну проникливість ситалів і скла необхідно розглядати для кожного конкретного випадку. Для процесів зварювання взагалі, у тому числі і для зварювання в електричних полях, часто використовуються ситали сподуменового складу (наприклад, ситал СО-115М), які мають  $\epsilon_r=5,5 - 7,8$  та боросилікатне скло (наприклад, Пірекс), для яких  $\epsilon_r=4,3 - 5,0$ .

Хімічні склади ситалу СО-115М та скла Пірекс наведені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1

Хімічний склад ситалу СО-115М

Хімічна сполука	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	LiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Масова частка, %	66,0	20,9	4,0	4,0	3,0	0,1	0,5	0,5

Таблиця 2

Хімічний склад скла Пірекс

Хімічна сполука	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Масова частка, %	80,5	2,0	12	4,0	1,0	0,5	0,1 - 0,2

Як бачимо з (4) і (5) для випадку, що розглядаються, головними параметрами, від яких буде залежати процес утворення фізичного контакту, є величина мікросморсткості поверхонь  $R_a$ , яка буде визначати відстань між зарядами  $R$ , та відносна діелектрична проникливість  $\epsilon_r$ , яка визначає кількість зарядів на поверхнях, що зварюються. Встановлено, що для повноцінної реалізації процесу поляризації й утворення фізичного контакту його діелектрична проникливість повинна бути не менше 5 (у крайньому випадку не менше 4). Спроба зварити напряду кварцове скло ( $\epsilon_r = 3,8$ ) з алюмінієм не дало позитивних результатів.

Величини сил електростатичного притягання (внутрішні сили стиску) двох поверхонь, що утворюються у процесі зварювання, достатньо для забезпечення активної пружно-пластичної деформації мікровиступів на поверхні алюмінію та руйнування мікровиступів на поверхні скла або ситалу й утворенню фізичного контакту. Процес проходить з великою швидкістю (час встановлення фізичного контакту порівняний з часом реалізації процесів поляризації в діелектрику). Руйнування приповерхневих шарів металу сприяє утворенню активних центрів з ненасиченими зв'язками. В роботі [7] вказано, що деформація мікровиступів відбувається шляхом збільшення їх радіусу в наслідок розтягнення периферійних ділянок, а не стиску, як при дифузійному зварюванні у вакуумі. Сам процес зближення поверхонь, що зварюються, при накладанні

зовнішнього електричного поля може бути зафіксований по зникненню інтерференційних смуг рівної товщини. Все це і забезпечує зближення двох поверхонь до атомарного рівня (фізичного контакту) і підготовлює поверхні до утворення хімічних зв'язків.

Постає питання, які види поляризації задіяні у процесах, що розглядаються? В загальні розрізняють миттєві та уповільнені види поляризації. До миттєвих видів поляризації (характерна для твердих кристалічних та аморфних матеріалів і мають електронну та йонну поляризації) відносять ті, час встановлення яких менше 10–12 с. У загальному випадку вважається, що скло і матеріали, що містять скло фазу (ситали) мають електронну і йонну релаксаційні види поляризації. Час встановлення уповільнених видів поляризації досягає декілька хвилин і більше.

Залежно від механізму поляризації діелектриків, яка реалізується під впливом зовнішнього електричного поля, поділяють на певні види [6].

Електронна – час реалізації  $10^{-15}$ –  $10^{-14}$  с, реалізується в усіх діелектриках і є зміщенням орбіталей електронів, є оборотною (не пов'язана з втратами).

Йонна – час реалізації  $10^{-13}$  –  $10^{-12}$  с і являє собою зміщення вузлів кристалічної структури на величину, меншу, ніж величина сталої решітки або іонів відносно один одного, що складають гетерополярну (йонну) молекулу, є оборотною (не пов'язана з втратами).

Наявність лужних оксидів і особливо  $TiO_2$  ( $\epsilon_f=6,7$ ) і збільшенні їх концентрації у склі (ситалі) посилює йонне зміщення, внутрішнє електричне поле і електронну поляризацію. Йонна й електронна поляризації є деформаційними видами поляризації і, як правило, не залежать від температури.

Електронно-релаксаційна (теплова) – характерна для твердих діелектриків (особливо, де є  $TiO_2$ ), які містять дефекти або домішкові іони, що здатні захоплювати електрони (час реалізації  $10^{-8}$  –  $10^{-6}$  с).

Йонно-релаксаційна (теплова) – зміщення іонів, які слабо закріплені у вузлах структури скла, ситалів та інших діелектриків, або знаходяться між вузлами. Такі зміщення значно більші ніж при пружній йонній поляризації (час реалізації  $10^{-6}$  –  $10^{-4}$  с).

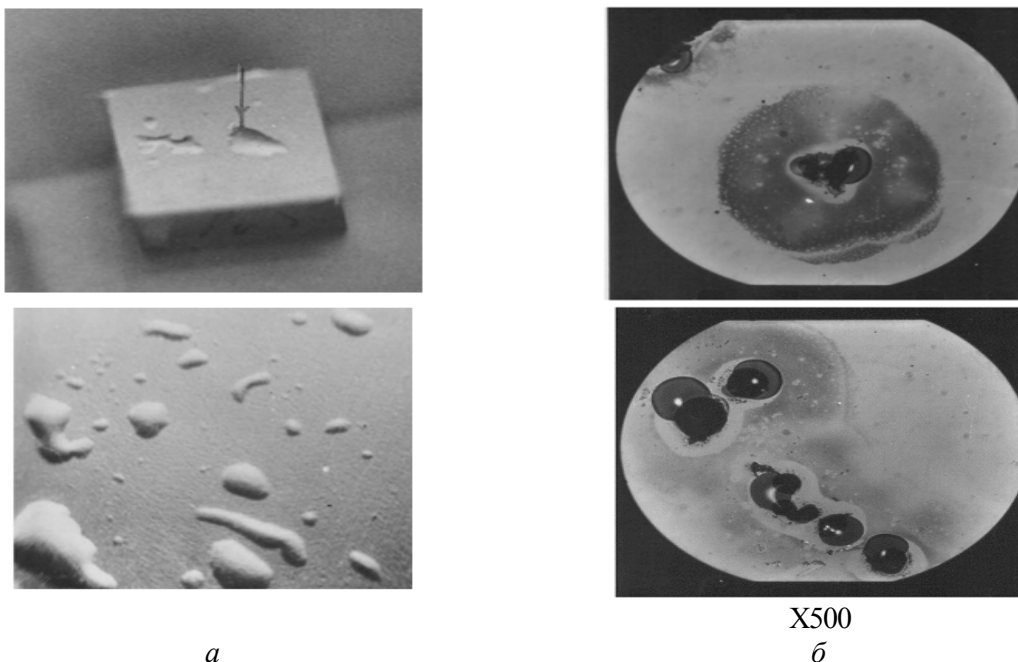
Дипольна (орієнтаційна) – час реалізації частки секунди (приблизно  $10^{-10}$  –  $10^{-5}$  с) і більше (залежно від розмірів диполів, густини речовини тощо), протікає з втратами на подолання сил зв'язку і внутрішнього тертя, пов'язана з орієнтацією диполів у зовнішньому електричному полі і сильно залежить від температури.

Експериментально встановлено, що у склі і ситалах безпосередньо у процесі зварювання у приповерхневому шарі присутні молекули води, які можуть виділятися у площині діелектрик-алюміній, якщо параметри режиму зварювання не забезпечили повного протікання процесів поляризації і, як наслідок, не встановлення фізичного контакту за умовою (1). У таких місцях під час зварювання відбувається десорбція молекул води у вигляді пари і локальне збільшення тиску (здуття алюмінію над поверхнею ситалу (рис. 7, а). Після охолодження в місцях непроварів, ці пари адсорбуються на поверхні діелектрика (рис. 7, б).

У випадку забезпечення умови (1) молекули води залишаються у приповерхневому шарі (верхні шари структурної сітки склофазы) діелектрика і маючи дипольний механізм поляризації з  $\epsilon_f=81$  здатні активно брати участь в утворенні подвійного електричного шару (рис. 6). Встановлено [4], що зі збільшенням температури суттєво збільшується густина струму абсорбції, яка характеризує повноту протікання поляризаційних процесів, і збільшується міцність зварних з'єднань.

Міграційна поляризація – час реалізації вимірюється у хвилинах і більше (є поляризацією уповільненої дії), обумовлена присутністю в матеріалах шарів з різною провідністю, пов'язана з перерозподілом вільних зарядів в об'ємі діелектрика, виникненню

об'ємних зарядів, особливо при високих градієнтах напруги, має великі втрати і веде до накопичення електричних зарядів на границі розподілу різних діелектриків.

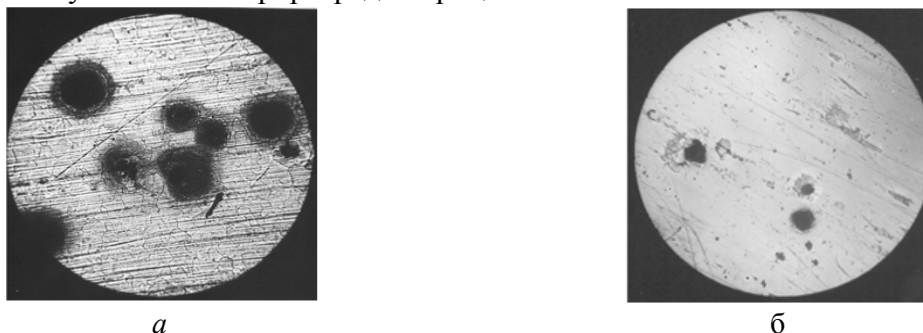


а

б

Рис. 7. Здуття алюмінію й утворення крапель води

Встановлено, що під час зварювання у площині зварювання (між діелектриком і алюмінієм) активно реалізуються електророзрядні процеси, які заважають встановленню фізичного контакту [8] (рис. 8) і у разі неправильно вибраних температурі зварювання і величини електричної напруги взагалі можуть привести до його не утворення. Водночас сам факт утворення нероз'ємного з'єднання, що супроводжується електророзрядними процесами свідчить про те, що електростатичні сили, що виникають, здатні визвати пластичну деформацію алюмінію й утворити фізичний контакт швидше ніж почнуть реалізуватися електророзрядні процеси.



а

б

Рис. 8. Сліди дії електророзрядних процесів на поверхні алюмінію у площині зварювання (пропали): а – фізичний контакт не утворився; б – у місцях пропалів неповари,  $\times 140$

Час формування таких розрядів, як показано в роботі [9],  $10^{-7} - 10^{-5}$  с. Це дозволяє зробити висновок, що у становленні фізичного контакту беруть участь іонна та електронна деформаційні і релаксаційні (теплові), а також дипольна поляризація. Враховуючи, що скло і ситали взагалі відносять до матеріалів з релаксаційними видами поляризації, можна вважати, з електронних і іонних видів поляризації перевагу мають теплові їх види, а враховуючи особливості властивостей і складу приверхневих шарів склофазы визначальну роль слід надати дипольній поляризації.

У більшості видів поляризації діелектрика після припинення дії прикладеної до нього електричної напруги зміщені заряди мають тенденцію до повернення в початковий стан.

За рахунок утворення подвійного електричного шару і виникнення сил тяжіння між поверхнями, що зварюються (сили Кулона), повернення зарядів у початковий стан зразу не відбувається. У багатьох випадках такий стан може зберігатися відносно довгий час (до декілька днів). За рахунок «стікання» зарядів з подвійного електричного шару їх кількість на поверхнях, що з'єднуються, зменшується і через певний час відбувається довільне роз'єднання поверхонь. Для збереження подвійного електричного шару повинно відбутися схоплення поверхонь (утворення хімічних зв'язків), що і відбувається зразу після утворення фізичного контакту в процесі зварювання в електричному полі. Протягом подальшої витримки зразків під напругою продовжується накопичення зарядів у подвійному електричному шарі за рахунок міграційної (високовольтної) поляризації діелектрика. Збільшення електростатичних сил тяжіння веде до утворення фізичного контакту в місцях, де він не утворився в перші секунди зварювання. Паралельно з цим проходить комплекс фізико-хімічних процесів (електродифузія, електрохімічні реакції), що остаточно формує зварне з'єднання. Вказані процеси найбільш активно проходять у перші 7–10 хвилин після подачі електричної напруги на складання, що зварюється. При подальшій витримці під напругою зміцнення зварного з'єднання відбувається усього на декілька відсотків. Отримані таким чином зварні з'єднання зберігають свою цілісність десятки років за наявності різного роду зовнішніх навантажень (термоудари, механічні удари, вібрації).

Таким чином, можна припустити, що на утворення зварного з'єднання під час зварювання діелектриків з алюмінієм в електричному полі високої напруги має великий вплив реалізація в діелектрику й оксиді алюмінію, що знаходиться на поверхні алюмінієвої деталі, електронної та йонної (деформаційної і теплової), дипольної і міграційної поляризацій, що забезпечується відносною діелектричною проникливістю не менше 5, величиною електричної напруги, температурою і часом зварювання. За утворення фізичного контакту треба вважати відповідальними миттєві види поляризації (йонну та електронну деформаційні і переважно теплові йонну та електронну поляризації), при визначальній ролі дипольної поляризації. За загальний час зварювання відповідає час встановлення міграційної поляризації.

**Висновки і пропозиції.** Результати проведених досліджень дозволяють зробити такі висновки:

1. Один з головних етапів утворення зварного з'єднання ситалів і скла з металами при зварюванні в електричному полі високої напруги – утворення фізичного контакту.

2. Головними умовами утворення якісного фізичного контакту є:

– досягнення заданої величини мікросорсткості поверхонь діелектрика, що зварюються, ( $R_a \leq 0.02$  мкм) і механічне оброблення поверхні алюмінію, характер якої залежить від його пружно-пластичних властивостей і товщини;

– забезпечення якісного очищення поверхонь, що зварюються (для ситалів і скла це – оброблення полірованої поверхні за схемою: ацетон – неорганічний розчин з основними властивостями ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}[50] + \text{KOH}[10] + \text{Na}_2\text{CO}_3[20] + \text{рідке скло}$ ), хромова суміш – ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7[99] + \text{H}_2\text{SO}_4$ ), а для конструкційного алюмінію очищення у вигляді травлення в  $\text{NaOH}$  ( $200 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ );

– забезпечення протікання в діелектрику електронної та йонної поляризації (деформаційних і переважно теплових), при визначальній ролі дипольної поляризації.

3. Загальний час зварювання визначається встановленням міграційної поляризації.

4. Отримання якісного зварного з'єднання забезпечується відносною діелектричною проникливістю діелектрика не менше 5, величиною електричної напруги, температурою зварювання і часом зварювання (часом дії електричного поля).

**Список використаних джерел**

1. *Теория сварочных процессов* : учеб. для высших учебных заведений по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» / В. Н. Волченко, В. М. Ямпольский, В. А. Винокуров и др. ; под ред. В. В. Фролова. – М. : Высшая школа, 1988. – 559 с.
2. *Березин Л. Я.* Особенности предварительной подготовки к сварке титала с алюминием в узлах приборов / Л. Я. Березин, В. Г. Панаётов, О. Г. Усышкин // *Технология авиационного приборостроения*. – 1987. – № 3-4. – С. 31–33.
3. *Березин Л. Я.* Вплив хімічного очищення поверхні титалу на якість з'єднання з алюмінієм зварювання в електростатичному полі / Л. Я. Березин, С. В. Олексієнко, Т. М. Недей // *Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки»*. – 2004. – № 21. – С. 130–135.
4. *Березин Л. Я.* Критерії якості зварювання в електричному полі високої напруги / Л. Я. Березин // *Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки»*. – 2013. – № 1(63). – С. 103–111.
5. *Березин Л. Я.* Отримання вакуумщільних з'єднань із титалів та кварцового скла в газорозрядних пристроях / Л. Я. Березин, С. О. Мороз // *Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки»*. – 2007. – № 30. – С. 70–79.
6. *Тареев Б. М.* Физика диэлектрических материалов : учеб. пособие для вузов / Б. М. Тареев. – М. : Энергоиздат, 1982. – 320 с.
7. *Пондеромоторное взаимодействие* при образовании электроадгезионного контакта / Н. П. Косонова, В. А. Приходченко, В. Н. Таиров, А. Ф. Хомылев // *XVII Симпозиум по механоэмиссии и механохимии твердых тел*. – Ташкент, 1981. – Ч. 2. – С. 36–39.
8. *Березин Л. Я.* Роль электроразрядных процессов при получении неразъемных соединений металлов с неметаллами в электростатическом поле / Л. Я. Березин, Д. И. Котельников // *Электронная обработка материалов*. – 1991. – № 6. – С. 64–66.
9. *Лучников А. П.* Процессы релаксации адгезии в контакте твердого тела с активным полимером / А. П. Лучников, В. Ф. Лысакова // *VIII Всесоюзный симпозиум по механоэмиссии и механохимии твердых тел (1–3 сентября 1981 г.)*. – Таллин, 1981. – С. 19.

**Березин Леонід Якович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Березин Леонид Яковлевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры сварочного производства и автоматизированного проектирования строительных конструкций, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, м. Чернигов, 14027, Украина).

**Berezin Leonid** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Welding Technology and CAD/CAM/CAE Systems of Building Structures, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** berezinl@ukr.net

**Прибытько Ирина Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Прибытько Ирина Александровна** – кандидат технических наук, доцент, доцент, доцент кафедры сварочного производства и автоматизированного проектирования строительных конструкций, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, м. Чернигов, 14027, Украина).

**Prybytko Irina** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Welding Technology and CAD/CAM/CAE Systems of Building Structures, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** prybytko\_ira@ukr.net

**Ганєєв Тимур Рашитович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент, кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Ганєев Тимур Рашитович** – кандидат технических наук, доцент, доцент, кафедры сварочного производства и автоматизированного проектирования строительных конструкций, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, м. Чернигов, 14027, Украина).

**Haniiev Timur** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Welding Technology and CAD/CAM/CAE Systems of Building Structures, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** gatavtim@ukr.net

# РОЗДІЛ IV. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 519.85

*Анатолій Косолап, Алена Довгопола*

## ОПТИМИЗАЦИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСАХ НА ИХ ОБСЛУЖИВАНИЕ

*Анатолій Косолап, Алена Довгопола*

## ОПТИМИЗАЦІЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСАХ НА ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ

*Anatoliy Kosolap, Alona Dovgopola*

## OPTIMIZATION OF RELIABILITY OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS WITH LIMITED RESOURCES FOR THEIR SERVICE

Рассмотрена задача оптимизации надежности сложных технических систем при ограниченных ресурсах на их обслуживание. Приведена новая оптимизационная постановка задачи, которая является многоэкстремальной. Мы предлагаем метод точной квадратичной регуляризации для решения оптимизационной задачи. Множество численных примеров показывают более высокую эффективность методом квадратичной регуляризации.

**Ключевые слова:** метод точной квадратичной регуляризации, многоэкстремальные задачи, оптимизация, надежность сложных систем.

Табл.: 1. Библи.: 5.

Розглянуто задачу оптимізації надійності складних технічних систем при обмежених ресурсах на їх обслуговування. Наведено нову оптимізаційну постановку задачі, яка є багатоекстремальною. Ми пропонуємо метод точної квадратичної регуляризації для розв'язання оптимізаційної задачі. Безліч численних прикладів показують більшу вищу ефективність методу точної квадратичної регуляризації.

**Ключові слова:** метод точної квадратичної регуляризації, багатоекстремальні задачі, оптимізація, надійність складних систем.

Табл.: 1. Бібл.: 5.

In paper we consider a problem of optimization of reliability of complex technical systems with limited resources for their service. We offer a method exact quadratic regularization for the solution of this optimizing problem. Many computational examples are provided to show the effectiveness of the proposed method.

**Key words:** exact quadratic regularization methods, multiextremal problems, optimization, reliability of complex systems.

Fig.: 1. Bibl.: 5.

**Введение.** Проектирование сложных систем предъявляет значительные требования к их надежности. Особенно роль надежности возросла в последние годы из-за создания сложных технических систем, которая зависит от надежности большого количества взаимосвязанных компонентов. Создание дорогостоящих систем, в первую очередь автоматизированных систем управления различными объектами народного хозяйства, выполняющими ответственные функции, непременно предполагает тщательную проработку вопросов надежности на всех этапах, начиная от проектирования и производства и кончая испытаниями и эксплуатацией различных систем [1]. Построение множества современных сложных систем привело к необходимости разработки новых специфических математических методов оптимизации надежности таких систем.

В качестве примера рассмотрим процедуру задания требований по надежности для системы, которая функционирует в течение заданного времени и характеризуется периодами работы и ее восстановления. Количественное задание требований или предварительное определение норм надежности как для изделий вновь создаваемых, так и для изделий уже выпускаемых промышленностью составляет одну из важнейших частей при выработке технических требований [2]. Повышение надежности систем, как и улучшение прочих технических характеристик, связано с тем или иным образом с увеличением затрат на производство этих систем. Таким образом, обоснованное задание требований по надежности подразумевает оптимальное распределение средств между компонентами сложной системы.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

С точки зрения обоснования требований по надежности технические системы можно разбить на два основных класса [3]. К первому классу относятся все системы, у которых и полезный эффект, и убытки из-за отказов могут быть непосредственно измерены в стоимостных единицах. Для таких систем строго обоснованное задание требований по надежности возможно.

Ко второму классу следует отнести системы, использование которых не приводит непосредственно или даже косвенно к получению материальных выигрышей (например, системы безопасности движения пассажирского транспорта, системы вооружения, медицинская аппаратура и пр.) или, во всяком случае, отказ которых приводит не только к материальным убыткам, а ущербу иной природы. Для этих систем построение математических моделей представляет сложную проблему. В работе будет рассмотрен первый класс технических систем

**Постановка задачи и метод ее решения.** Рассмотрим систему, которая характеризуется средним временем безотказной работы  $T$  и средним временем восстановления (ремонт, замена частей, наладка и пр.)  $\tau$ . Предположим, что за единицу полезного времени система приносит доход  $c_T$ , а единица времени простоя обходится в  $c_\tau$ . Пусть система функционирует в течение периода времени  $V$  (такое ограничение всегда существует в силу физического или морального старения техники). Тогда в течение времени использования системы  $V$  доход от ее функционирования составит величину:

$$C = \frac{V}{T + \tau} (c_T T - c_\tau \tau),$$

где  $V / (T + \tau)$  – среднее число циклов «работа-простой» в течении всего периода эксплуатации изделия, а выражение в скобках – средний доход от системы минус затраты на ремонт в течении одного цикла. Доход от функционирования системы можно увеличить, если вложить средства в уменьшение величин  $T$  и  $\tau$ .

Предположим теперь, что нам известны функции  $T(c_1)$  и  $\tau(c_2)$ , показывающие, как увеличивается среднее время безотказной работы и как уменьшается среднее время простоя системы в зависимости от средств, вкладываемых на повышение надежности. Тогда для системы следует выбрать такие значения  $T$  и  $\tau$ , которые максимизировали бы результирующий доход от ее эксплуатации, т.е.

$$\max \left\{ \frac{V}{T(c_1) + \tau(c_2)} [c_T T(c_1) - c_\tau \tau(c_2)] - c_1 - c_2 \mid c_1 + c_2 \leq c_0, c_1 \geq 0, c_2 \geq 0 \right\},$$

где необходимо найти  $c_1$  – затраты на увеличение  $T$  и  $c_2$  – затраты на уменьшение  $\tau$ ,  $c_0$  – допустимые затраты. В дальнейшем заменим величину

$$\frac{V}{T(c_1) + \tau(c_2)},$$

которая может не целым числом, фиксированным количеством периодов «работа-простой».

На практике имеют дело с множеством изделий, образующих сложную техническую систему с несколькими подсистемами. Тогда задача сводится к нахождению условного оптимума вида

$$\max \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^p [c_{Tij} T_i(c_{1ij}) - c_{\tau ij} \tau_i(c_{2ij})] - c_{1ij} - c_{2ij} \right\} \quad (1)$$

при ограничении

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (c_{1ij} + c_{2ij}) \leq c_0, \quad (2)$$

где  $p$  – число периодов «работа-простой»;  $n$  – общее количество типов изделий.

Вычислительная сложность решения этой задачи обуславливается тем, что  $n$  обычно является большим. Целевая функция (1) является невыпуклой, так как зависит от разности двух монотонных функций, а это порождает многоэкстремальность в задаче (1) – (2). Будем предполагать, что все функции  $T_i(c_{1ij})$  и  $\tau_i(c_{2ij})$  определены. В частности, среднее время безотказной работы  $i$ -го изделия можно однозначно определить, вычислив его вероятность безотказной работы. Для этого необходимо решить последовательность задач

$$\max \{R_i(c_i) \mid c_i \leq c\},$$

где  $R_i$  – вероятность безотказной работы,  $c_i$  – ресурс, затрачиваемый на обеспечение надежности  $i$ -го изделия, который не должен превосходить величину  $c$ .

Определим функции  $T_i(c_{1ij})$  и  $\tau_i(c_{2ij})$  в виде

$$T_{ij}(c_{1ij}) = a_{ij} \ln(c_{1ij} + 2);$$

$$\tau_{ij}(c_{2ij}) = b_{ij} \ln(c_{2ij} + 2),$$

тогда целевая функция (1) примет вид

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \left[ c_{T_i} a_{ij} \ln(c_{1ij} + 2) - c_{\tau_i} b_{ij} \ln(c_{2ij} + 2) \right] - c_{1ij} - c_{2ij}, \quad (3)$$

где  $n$  – количество подсистем;  $p$  – число периодов «работа-простой»;  $c_{T_i}$  – доход  $i$ -й подсистемы;  $T_{ij}$  – время безотказной работы  $i$ -й подсистемы в  $j$ -м периоде;  $c_{1ij}$  – затраты на увеличение  $T_{ij}$ ;  $c_{\tau_i}$  – затраты  $i$ -й подсистемы;  $\tau_{ij}$  – время на ремонт  $i$ -й подсистемы в  $j$ -м периоде;  $c_{2ij}$  – затраты на уменьшение времени на ремонт  $\tau_{ij}$ .

Для решения задачи (2)-(3) используем метод точной квадратичной регуляризации, с помощью которого задача (2) – (3) преобразуется к виду [4]:

$$\max \left\{ \|c\|^2 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \left[ (c_{T_i} T_{ij}(c_{1ij}) - c_{\tau_i} \tau_{ij}(c_{2ij})) - c_{1ij} - c_{2ij} \right] + s + (r-1) \|c\|^2 \leq d, \right.$$

$$\left. \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (c_{1ij} + c_{2ij}) \leq c_0, c_{1ij} \geq 0, c_{2ij} \geq 0, \forall ij \right\}, \quad (4)$$

где  $s$  – фиксированный параметр, а значение  $r > 0$  выбирается таким, чтобы допустимая область задачи (4) была выпуклой. Компонентами вектора  $c$  являются затраты на увеличение времени безотказной работы каждого изделия системы и стоимости восстановления каждого изделия, а также вспомогательной переменной  $c = (c_{11}, \dots, c_{1n}, c_{21}, \dots, c_{2n}, c_{2,n+1}) = (\bar{c}, c_{2,n+1})$ . Оптимальные значения компонент этого вектора необходимо определить. В задаче (4) необходимо найти минимальное значение переменной  $d > 0$ , для которой выполняется условие

$$r \|c\|^2 = d, \quad (5)$$

где  $\|c\|$  – означает евклидовую норму вектора  $c$ . Значение  $d$  находим методом дихотомии. При каждом фиксированном значении  $d$ , задача (4) решалась прямо-двойственным методом внутренней точки [5]. При увеличении переменной  $d$  значение левой части равенства (5) растет. Поэтому на каждой итерации увеличиваем значение  $d = d + h$  и решаем задачу (4). Затем определяем разность  $r \|c\|^2 - d$ , если она меньше нуля, то снова уве-



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

личиваем  $d$ , если больше нуля, то уменьшаем значение  $d$ . Чем меньше эта разность, тем меньше шаг изменения  $h$  переменной  $d$ . Фиксированный параметр  $s$  должен удовлетворять условию

$$s \geq \| \bar{c}^* \|^2 - f(\bar{c}^*), \quad (6)$$

где  $f(\bar{c}^*)$  – целевая функция (3),  $c^* = (\bar{c}^*, c_{2,n+1}^*)$  – решение задачи (4). Параметр  $s$  корректируем на каждой итерации, если он не удовлетворяет условию (6).

Рассмотренная методика решения позволяет решать задачи вида (2) – (3) большой размерности, так как метод точной квадратичной регуляризации использует только локальный поиск и метод дихотомии.

Для решения задач (2)–(3) было разработано программное обеспечение метода точной квадратичной регуляризации и проведены многочисленные эксперименты, которые подтвердили эффективность используемого метода при решении данного класса задач.

**Вычисления.** Рассмотренный метод точной квадратичной регуляризации реализован в виде компьютерной программы. Были проведены многочисленные эксперименты для системы, состоящей из трех подсистем и работающей в 10 циклах «работы-простой». Некоторые результаты расчетов приведены ниже в табл. 1, где  $c_0$  – допустимые затраты на эксплуатацию системы;  $c_{T1}$  – доход от функционирования 1-й подсистемы;  $c_{T2}$  – доход от 2-й подсистемы;  $c_{T3}$  – доход от 3-й подсистемы;  $c_{\tau 1}$  – затраты на восстановление 1-й подсистемы;  $c_{\tau 2}$  – затраты на восстановление 2-й подсистемы;  $c_{\tau 3}$  – затраты на восстановление 3-й подсистемы;  $c_{\max}$  – максимальный результирующий доход от эксплуатации каждой подсистемы (табл.).

Таблица

Результаты расчетов

$c_0$	$c_{T1}$	$c_{T2}$	$c_{T3}$	$c_{\tau 1}$	$c_{\tau 2}$	$c_{\tau 3}$	$c_{\max}$
2000	40	50	60	10	15	20	1868,9
							3317,7
							3241
2500	50	60	70	15	20	25	2697,7
							4429,3
							4251,2
3500	80	90	100	25	40	50	5565,5
							8259,4
							7658,8

Результаты расчетов показывают, что средства необходимо вкладывать в первую очередь в увеличение срока безотказной работы. Оптимальное вложение средств в увеличение времени безотказной работы зависит от периода эксплуатации. Причем, среднеквадратическое отклонение от среднего было в пределах 10 единиц.

**Выводы.** В работе приведена новая постановка задачи для нахождения оптимального суммарного дохода от эксплуатации сложной системы посредством вложение средств в увеличение надежности ее подсистем. Построена математическая модель данной задачи. Для решения полученной оптимизационной задачи используется метод точной квадратичной регуляризации, эффективность которого подтверждена многочисленными экспериментами.

#### Список использованных источников

1. Ушаков И. А. Построение высоконадежных систем / И. А. Ушаков. – М. : Знание, 1974. – 64 с.
2. Базовский И. Надежность. Теория и практика / И. Базовский. – М. : Мир, 1965. – 373 с.
3. Козлов Б. А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики / Б. А. Козлов, И. А. Ушаков. – М. : Советское радио, 1975. – 472 с.
4. Косолап А. И. Глобальная оптимизация. Метод точной квадратичной регуляризации / А. И. Косолап. – Днепропетровск : ПГАСА, 2015 – 164 с.

5. *Nocedal J.* Numerical optimization / J. Nocedal, S.J. Wright. – Springer, 2006. – 685 p.

**Косолап Анатолій Іванович** – доктор фізико-математических наук, професор, заведуючий кафедрою спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний хіміко-технологічний університет (проспект Гагаріна, 8, г. Дніпропетровськ, 49005, Україна).

**Косолап Анатолій Іванович** – доктор фізико-математических наук, професор, завідувач кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний хіміко-технологічний університет (проспект Гагаріна, 8, м. Дніпропетровськ, 49005, Україна).

**Kosolap Anatoliy** – Doctor of Physical and Mathematical Science, Professor, Head of Specialized Computer System Department, Ukrainian State University of Chemical Technology (8 Gagarin Av., 49005 Dnepropetrovsk, Ukraine).

**E-mail:** anivkos@ua.fm

**Довгополая Алена Александровна** – аспірант, асистент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний хіміко-технологічний університет (проспект Гагаріна, 8, г. Дніпропетровськ, 49005, Україна).

**Довгопола Алена Олександрівна** – аспірант, асистент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний хіміко-технологічний університет (проспект Гагаріна, 8, м. Дніпропетровськ, 49005, Україна).

**Dovgopola Alona** – PhD student, assistant of Specialized Computer System Department, Ukrainian State University of Chemical Technology (8 Gagarin Av., 49005 Dnepropetrovsk, Ukraine).

**E-mail:** dovgo polaya09@mail.ru

УДК 004.9

*Андрій Акименко, Тарас Бивойно*

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РЕЙТИНГУВАННЯ ВИКЛАДАЧІВ ЧЕРНІГІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

*Андрей Акименко, Тарас Бивойно*

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕЙТИНГОВАНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ЧЕРНИГОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Andrii Akymenko, Taras Bivoyno*

## AUTOMATED SYSTEM FOR TEACHERS' RATING IN CHERNIHIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

*Розглянуто автоматизовану систему звітування та оцінювання науково-педагогічного персоналу Чернігівського національного технологічного університету (ЧНТУ). Запропоновано використання рейтингового підходу до оцінювання діяльності викладачів. Враховуючи наявні обмеження, накладені на апаратно-програмне забезпечення, запропоновано використання стандартної архітектури типу «клієнт-сервер» для системи рейтингування викладачів. Висвітлено механізми збору та збереження інформації про діяльність науково-педагогічних працівників, процес формування рейтингової оцінки діяльності викладача, описано архітектуру системи. Досліджено особливості реалізації функцій системи рейтингування, що забезпечують її ефективне супровід.*

**Ключові слова:** рейтинг, викладач, система рейтингування, оцінювання діяльності, звітування, оцінювання.

*Рис.: 1. Табл.: 3.*

*Рассмотрена автоматизированная система отчетности и оценки научно-педагогического персонала Черниговского национального технологического университета (ЧНТУ). Предложено использование рейтингового подхода к оценке деятельности преподавателей. Учитывая существующие ограничения, наложены на аппаратно-программное обеспечение, предложено использование стандартной архитектуры типа «клиент-сервер» для системы рейтингования преподавателей. Освещены механизмы сбора и хранения информации о деятельности научно-педагогических работников, процесс формирования рейтинговой оценки деятельности преподавателя, описано архитектуру системы. Исследованы особенности реализации функций системы рейтингования, обеспечивающих ее эффективное сопровождение.*

**Ключевые слова:** рейтинг, преподаватель, система рейтингования, оценка деятельности, отчетность, оценивание.

*Рис.: 1. Табл.: 1. Библ.: 3.*

*In the article the automated system for reporting and evaluating scientific-pedagogical personnel Chernihiv National University of Technology (CHNTU). The use of the rating approach to the evaluation of teachers. Due to restrictions imposed on hardware and software architecture offered the use of a standard type of "client-server" system for rating teachers. Deals with mechanisms for collection and preservation of information on the activities of teaching staff, the formation of the rating of the teacher, described the system architecture. The article deals with the peculiarities of function rating system to ensure its effective support.*

**Key words:** rating, a teacher, rating system, assessment activities, reporting, evaluation.

*Fig.: 1. Tabl.: 1. Bibl.: 3.*

**Постановка проблеми.** Сьогодні більшість вищих навчальних закладів мають власні рейтингові системи оцінювання діяльності науково-педагогічних працівників. Розроблення та впровадження системи потребує виконання великого обсягу робіт, пов'язаних зі збором та обробленням інформації стосовно науково-педагогічних працівників. Розв'язок цієї задачі через використання паперових технологій є досить важкою проблемою, оскільки потребує значних часових затрат та збільшує вірогідність помилки під час оброблення великого обсягу первинних документів. Цьому, цілком обґрунтовано, було прийнято рішення про необхідність розроблення програмного продукту, за допомогою якого є можливим вирішити питання автоматизації процесу оброблення інформації для виведення рейтингової оцінки кожного викладача Чернігівського національного технологічного університету.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі аналоги та переваги перед ними.** Застосування сучасних інформаційних технологій дозволяє спростити і здешевити процес оцінювання діяльності викладачів ВНЗ. Наявні розробки в цій галузі вимагають установки додаткового комплексу програмних засобів, які вирішують завдання, що не відносяться до оцінювання діяльності викладачів, а надлишкова функціональність призводить до збільшення вимог, що висуваються до апаратно-програмного комплексу університету, і, в кінцевому рахунку, збільшення вартості експлуатації.

У зв'язку з цим перевагою розробленої системи є використання вже задіяної платформи, на базі якої виконано надбудову, що реалізує визначені технічним завданням функціонал. Системою забезпечено доступ до даних з будь-якої точки університету з поділом прав доступу, що враховують функціональні й інформаційні потреби різних типів користувачів. Архітектура системи передбачає використання найбільш поширеного апаратного забезпечення, що дозволило обійтися наявним матеріальним забезпеченням університету.

До основних переваг системи оцінювання діяльності викладачів і структурних підрозділів ЧНТУ слід віднести:

- зменшення навантаження на відділ управління якістю завдяки роздільного збору інформації на кафедрах;
- зменшення потоку паперових документів при наданні результатів своєї діяльності викладачами та структурними підрозділами вузу;
- оперативність при підведенні підсумків рейтингової оцінки та їх опублікування;
- автоматизація контролю оцінювання діяльності викладачів і структурних підрозділів вищого навчального закладу;
- можливість оперативного реагування при внесенні помилкових відомостей.

Переваги виконаної розробки:

- низькі вимоги до апаратної і програмної складових;
- підтримка розподілу прав доступу до введення, редагування і перегляду результатів оцінки діяльності викладачів і підрозділів;
- орієнтація на проведення оперативного та інтелектуального аналізу зібраних даних;
- гнучкі можливості масштабування системи;
- низька собівартість використання.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Метою цієї статті є опис системи звітування та оцінювання науково-педагогічного персоналу ЧНТУ, що була розроблена та впроваджена в експлуатацію співробітником кафедри Інформаційних систем в економіці. Ця публікація висвітлює особливості архітектури системи та описує основні функції, що доступні користувачам системи.

**Вимоги до системи рейтингування ЧНТУ**

Основна методологічна проблема у процесі створення системи рейтингової оцінки діяльності викладача пов'язана з необхідністю вимірювання результатів різних видів

діяльності. Крім того, необхідно забезпечити можливість включення в рейтингову систему нових показників.

Таким чином, ключовою вимогою до системи рейтингової оцінки діяльності викладача є забезпечення модернізації системи показників з мінімальним зміною коду програми, включаючи можливість гнучкого налаштування одиниць виміру показників, зміни показників і їх вагових коефіцієнтів. Другою вимогою є забезпечення налаштування системи показників таким чином, щоб враховувалися тільки ті результати діяльності, які включені в систему в певному обліковому періоді. Третя вимога до системи пов'язана з процедурою збору даних і автоматизацію розрахунку рейтингу.

Враховуючи вищесказане було сформульовано вимоги до системи рейтингування.

Інформаційна система автоматизації розрахунку рейтингу викладача повинна забезпечити:

- 1) формування ієрархічної системи показників з підтримкою зміни системи (розширення показників, перепідпорядкування показників в ієрархії, виняток показників);
- 2) налаштування правил обліку досягнень (у тому числі модернізацію одиниць виміру показника, вагових коефіцієнтів, правил призначення балів);
- 3) використання врахованих у системі досягнень викладача без повторного обліку;
- 4) розширення обліку результатів діяльності викладача за рахунок автоматизації відсутніх процесів обліку;
- 5) налаштування процесів обліку досягнень для кожного показника;
- 6) облік досягнень у межах закріплення досягнень по кафедрі і за певний проміжок часу;
- 7) коректність обліку досягнень за рахунок контролю коректності облікового періоду, неприпустимість обліку раніше врахованих досягнень, а також одночасного обліку одного досягнення за кількома кафедрами, на яких працює один викладач;
- 8) автоматичний розрахунок рейтингу викладача на основі врахованих досягнень і правил розрахунку рейтингу.

#### Загальний опис системи рейтингування ЧНТУ

Система розроблена як веб-додаток корпоративного рівня. Клієнтські робочі станції в системі являють собою будь-які інтернет-браузери (IE/Mozilla/Opera/GoogleChrom). За протоколом HTTP клієнт з'єднується з сервером, на якому встановлено веб-сервер (рис.).

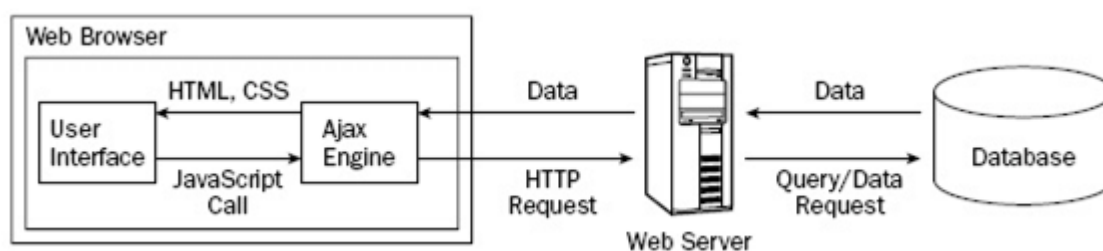


Рис. Архітектура системи рейтингування ЧНТУ

Така архітектура дозволяє організувати процес оцінювання діяльності викладачів і структурних підрозділів вищого навчального закладу, незважаючи на тип обчислювальної техніки, за допомогою якої користувач отримує доступ до системи рейтингування.

Серверна частина системи розрахована на роботу під управлінням веб-сервера Apache Tomcat версії не нижче 6.0.16. Як сервер бази даних можуть використовуватись MS SQL Server 2000/2005/2008.

Розрахунок рейтингу можна розбити на такі підзадачі:

- 1) збір даних про діяльність викладачів і структурних підрозділів;
- 2) підтвердження зібраних даних відповідальними особами;
- 3) розрахунок рейтингу викладачів та структурних підрозділів;

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

4) аналіз результатів для вилучення нових даних і підтримки прийняття рішень.

Функції, що реалізовано в системі рейтингування:

- збір інформації про діяльність професорсько-викладацького складу і структурних підрозділів вищого навчального закладу (кафедри, факультету);
- верифікація та модифікація зібраних даних відповідальними особами;
- управління правами доступу користувачів до системи;
- розрахунок рейтингу професорсько-викладацького складу і структурних підрозділів вищого навчального закладу;
- інтелектуальний аналіз зібраних відомостей для пошуку тенденцій і закономірностей у діяльності професорсько-викладацького складу і структурних підрозділів вищого навчального закладу для підтримки прийняття рішень;
- формування і доставку звітів про результати.

Відповідно до визначених підзадач та реалізованих функцій у системі створено три типи користувачів:

- 1 тип – адміністратор системи;
- 2 тип – науково-педагогічний працівник ЧНТУ;
- 3 тип – представник адміністрації ЧНТУ.

Кожен тип користувача має свої функціональні особливості та права в системі, короткий опис яких наведено в таблиці.

Таблиця

*Специфікація користувачів системи рейтингування ЧНТУ*

Тип користувача	Опис функціоналу користувача
Адміністратор системи	Виконує функції з адміністрування системи рейтингування ЧНТУ. Веде перелік користувачів системи, визначає та змінює права, веде групи користувачів, відповідає за налаштування підсистем розрахунку та аналізу рейтингів
Науково-педагогічний працівник	Основний користувач системи. Має можливість переглядати статистичну інформацію. Після авторизації може вводити або редагувати особисті дані
Представник адміністрації	Виконує контролюючі функції. Має можливість отримати статистичні звіти різних форматів (є можливість налаштування). Контролює процеси введення та збору інформації

### **Підсистема збору інформації**

Підсистема збору і зберігання інформації формує банк даних величезного і постійно змінюваного обсягу різного виду інформації. Завдання цієї підсистеми – формування, зберігання й управління базою даних, знаходження необхідної для певних конкретних цілей інформації та оперативна передача її в блок підсистеми розрахунку рейтингу або підсистему аналізу.

База даних повинна містити:

- 1) наукові досягнення науково-педагогічного працівника, що включають:
  - наукові публікації;
  - участь у міжнародних проектах;
  - участь у наукових конференціях;
  - залучення до міжнародних експертиз;
  - авторські свідоцтва, патенти;
- 2) методична робота:
  - видані навчальні посібники (підручники);
  - навчально-методична література;
- 3) Організаційна робота.

Ця структура (збирання, зберігання, управління базою даних) підсистеми повинна забезпечити оперативний обмін інформацією між її частинами і доступ до неї інших підсистем.

### **Підсистема розрахунку рейтингу**

Процедура розрахунку рейтингу виконується автоматично. На підставі врахованих результатів діяльності і балової оцінки показників у розрахунковий період процедура розрахунку рейтингу обраховує оцінку для показників та виводить підсумковий рейтинг.

Загалом алгоритм розрахунку, на вхід якому подається інформація про розрахунковий період, виглядає таким чином:

1 крок. Вибираємо всі показники, які встановлені для заданого розрахункового періоду.

2 крок. Визначаємо перелік об'єктів обліку, що використовуються для розрахунку.

3 крок. Вибираємо враховані результати діяльності, які відповідають встановленим об'єктам обліку.

4 крок. Переводимо результати діяльності в бали на підставі зв'язку об'єктів обліку і показників.

5 крок. Вимірювання результатів викладача за виконаний обсяг роботи за деякою кафедрою в розрахунковий період відповідно до показника. Рейтинг викладача розраховується як сума зафіксованих балів за всіма результатами в розрахунковий період.

Для аналізу результатів розрахунків використовується підсистема звітів, яка формує звіти за різноманітними запитами (по кафедрах, по викладачах, за результатами, за навчальним рокомтощо).

### **Підсистема аналізу інформації**

Підсистема реалізує функції аналізу інформації, що міститься у сховищі даних. Її функціонал дозволяє сформулювати запит до бази даних, без участі ІТ-фахівця. Критерії запиту визначаються самим користувачем відповідно до його потреб. За допомогою цієї підсистеми реалізується такий функціонал у межах роботи користувачів:

- підсистема дозволяє за допомогою запитів виконувати фільтрацію колекції примірників інформаційних об'єктів у межах роботи з формами.
- підсистема дозволяє за допомогою запитів проводити аналіз повноти інформації з будь-яким ступенем поглиблення по структурі інформаційного об'єкта. Метою такого аналізу може бути оперативна аналітичне оброблення та аналіз даних.

Подальший розвиток цього контуру системи дозволяє створювати систему підтримки прийняття управлінських рішень, що і є метою розвитку інформаційної інфраструктури ЧНТУ.

**Висновки з дослідження.** У результаті виконання проекту розроблено:

- методику ранжування показників на підставі експертних оцінок, яка забезпечує супровід змін у системі показників і проста у використанні;
- організаційно-технічне рішення, що забезпечує ефективний супровід системи, масштабування, інтеграцію первинних даних;
- систему розрахунку рейтингу викладача, що забезпечує визначення об'єктів обліку, процеси обліку досягнень і розрахунок рейтингу викладача.

Розроблена інформаційна система є адаптивною, оскільки забезпечує налаштування системи показників і правил оцінки результатів та процесу обліку залежно від показників.

### **Список використаних джерел**

1. Кучер М. М. До питання оцінки результатів праці науково-педагогічних кадрів вищих навчальних закладів [Електронний ресурс] / М. М. Кучер, Е. В. Роздобудько – Режим доступу : [http://http://library.kpi.kharkov.ua/Vestnik/2010\\_7/statti/Kycher\\_Rosdobydko.pdf](http://http://library.kpi.kharkov.ua/Vestnik/2010_7/statti/Kycher_Rosdobydko.pdf).
2. Васильєва Е. Ю. Рейтинг преподавателей и кафедр в вузе / Е. Ю. Васильєва // Университетское управление: практика и анализ. – 2007. – № 3. – С. 39–48.
3. Ирзаев Г.Х., Мурадов М.М. Автоматизированная система мониторинга и оценки публикационной активности преподавателя кафедры вуза / Г. Х. Ирзаев, М. М. Мурадов // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 8-1 (40). – С. 64–70.

**Акименко Андрій Миколайович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри інформаційних систем в економіці, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Акименко Андрей Николаевич** – кандидат физико-математических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем в экономике, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Akymenko Andrii** – PhD in Mathematical, Associate Professor, Professor of Information Systems in Economics Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** anakim2@gmail.com

**Бивойно Тарас Павлович** – старший викладач кафедри інформаційних систем в економіці, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Бивойно Тарас Павлович** – старший преподаватель кафедры информационных систем в экономике, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Bivoyno Taras** – Senior Lecturer of Information Systems in Economics Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** dec-fpo@ukr.net

УДК 004.658:004.4'41:004.82

*Ірина Бальченко*

## ПРОБЛЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ НЕОДНОРІДНИХ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БАЗАМИ ДАНИХ

*Ірина Бальченко*

## ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ НЕОДНОРОДНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ

*Iryna Balchenko*

## ISSUES OF THE DEVELOPMENT OF HETEROGENEOUS DISTRIBUTED DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS

*Проведено аналіз сучасних методів та технологій, що застосовуються під час вирішення задач створення та використання неоднорідних розподілених систем управління базами даних. Виокремлено задачі фрагментації даних і розподіленої компіляції запитів та можливі шляхи їх розв'язання.*

**Ключові слова:** неоднорідні розподілені бази даних, фрагментація, розподілені запити, розподілена компіляція.

*Рис.: 1. Бібл.: 7.*

*Проведен анализ современных методов и технологий, которые используются при решении задач создания и использования неоднородных распределенных систем управления базами данных. Выделены задачи фрагментации данных и распределенной компиляции запросов и возможные пути их решения.*

**Ключевые слова:** неоднородные распределенные базы данных, фрагментация, распределенные запросы, распределенная компиляция.

*Рис.: 1. Библ.: 7.*

*The analysis of modern methods and technologies, which are used in solving problems of creation and use of heterogeneous distributed database management systems are shown. Tasks of data fragmentation and distributed compiling of queries and possible way of its solutions are selected.*

**Key words:** heterogeneous distributed databases, a fragmentation, distributed queries, a distributed compilation.

*Fig.: 1. Bibl.: 7.*

**Постановка проблеми.** Розподілена база даних (РБД) – набір логічно пов'язаних між собою розділених даних, які фізично розподілені по різних вузлах мережі. РБД можуть працювати під управлінням однакових і неоднакових СУБД. У першому випадку говорять про однорідні розподілені системи, у другому – про неоднорідні.

Неоднорідні системи зазвичай виникають у тих випадках, коли сервери, що вже експлуатують свої власні системи з базами даних, з часом інтегруються в розподілену систему [1]. Неоднорідні системи включають два або більше продукти управління даними, що суттєво відрізняються (наприклад, реляційні СУБД від різних постачальників, таких, як PostgreSQL, MySQL, MS SQL Server, Oracle).

Основним завданням інтеграції неоднорідних РБД є надання користувачам інтегрованої системи глобальної схеми БД, представленої в деякій моделі даних, і автоматичне

перетворення операторів маніпулювання БД глобального рівня в оператори, зрозумілі відповідним локальним СУБД.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Про створення РБД говорять та пишуть давно [1–3]. Але до цього часу проблема не вирішена остаточно, зокрема, актуальною є задача зменшення часу відгуку на запит користувача до РБД, а також задача створення неоднорідної системи управління РБД (СУРБД), що здатна оперувати запитами до локальних СУБД різних типів.

Щоб забезпечити оптимальний баланс загрузки серверів БД та зменшити час відгуку на запит користувача, фрагменти РБД розподіляються по вузлах мережі, при цьому використовуються прийняті критерії розміщення. Коли критерії розміщення даних призводять до перевантаження серверів або виникають інші причини (наприклад, зміна структури мережі), необхідно провести реорганізацію бази. Така реорганізація проводиться досить рідко, що тягне за собою неефективне функціонування РБД до проведення наступних планових оптимізаційних заходів. Тому важливо, щоб система управління РБД могла керувати розміщенням фрагментів даних по серверах БД одночасно з виконанням основних функцій.

Ідеологія побудови розподілених баз даних за принципом «зверху вниз», для яких спочатку визначається глобальна схема, а потім проводиться розподіл об'єктів бази даних може бути застосована при побудові неоднорідних СУРБД тільки в разі використання механізму трансляції мов локальних СУБД різних типів.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Більшість авторів під проектуванням РБД розуміють фрагментацію та розміщення, тобто розділення БД на фрагменти та прийняття рішення про те, де будуть зберігатися ці фрагменти. Проектування схем фрагментації та розміщення відношень ґрунтується на інформації про способи та методи використання РБД. Методи використання залежать від стратегії виконання запитів, яка, у свою чергу, повинна враховувати схеми фрагментації та розміщення.

Інша мета, що виникає перед розробником – досягти прозорого доступу, що являє собою дещо більше, ніж звичайне забезпечення доступу до віддалених СУБД та їх базам даних. Для організації взаємодії між різними типами СУБД необхідно забезпечити перетворення переданих повідомлень, для чого кожен з вузлів повинен мати можливість формулювати запити на мові тієї СУБД, яка використовується на локальному вузлі, або система повинна взяти на себе виконання всіх необхідних перетворень.

**Мета статті.** Проаналізувати наявні вимоги до неоднорідних розподілених баз даних, методи фрагментації та технології розподіленої компіляції запитів, запропонувати вдосконалення відомих методів та технологій.

**Виклад основного матеріалу.** Серед багатьох властивостей, яким, за К. Дейтом [2], повинна задовольняти розподілена база даних, виділимо такі:

– Локальна автономність. Локальні дані належать локальним вузлів і управляються адміністраторами локальних БД.

– Безперервне функціонування. Видалення або додавання вузла не повинно вимагати зупинки системи в цілому.

– Незалежність від фрагментації. Доступ до даних не повинен залежати від наявності або відсутності фрагментації і від типу фрагментації.

– Оброблення розподілених запитів. Система повинна автоматично визначати методи виконання з'єднання (об'єднання) даних.

– Незалежність від типу СУБД. СУРБД повинна бути здатною функціонувати поверх різних локальних СУБД, можливо, з різними моделями даних (вимога гетерогенності).

Опишемо метод і технологію фрагментації даних і виконання розподілених запитів відповідно до представлених вимог.



**Фрагментація даних.**

Основною метою фрагментації є зрушення простору пошуку при виконанні запиту. Прийнято виділяти дві базові стратегії фрагментації даних: горизонтальна фрагментація (ГФ) та вертикальна фрагментація (ВФ). ВФ – це поділ атрибутів на групи, ГФ – поділ відношення на підмножини таким чином, що кожна підмножина містить повний набір атрибутів. Фрагментація описує розбиття відношень в БД. Розбиття відношень на мінімальні, неділені надалі фрагменти дозволить розмістити їх з максимально можливою гнучкістю. Для отримання такого набору фрагментів для кожного відношення R на підставі транзакцій визначається набір мінтерм предикатів і групи атрибутів. Причому предикати описують застосування ГФ, а групи атрибутів – ВФ. Групи атрибутів виходять шляхом розділення безлічі атрибутів, що використовуються у транзакціях.

Схема розміщення вказує місце розташування фрагментів. Вона описується матрицею D, рядками якої є сервера БД, а стовпцями – сформований набір фрагментів. Одиниця в комірці матриці  $D_{ij}$  означає наявність фрагмента й у вузлі j. Для задоволення властивості повноти схеми розміщення кожен фрагмент повинен перебувати хоча б в одному вузлі (у кожному стовпчику повинна бути хоча б одна одиниця).

У [4] доведено, що набір мінтерм предикатів має властивості повноти і достатності. За визначенням, для груп атрибутів ці властивості очевидні. Таким чином, описана фрагментація має властивості повноти і відновлюваності.

Запропонований підхід передбачає використання алгоритмів динамічного управління розміщенням фрагментів даних на серверах БД залежно від частоти звернення до фрагментів даних і навантаження на самі сервери. Проведення таких перерозподілів дозволить, по-перше, оперативно реагувати на зміни умов, по-друге, забезпечити більш високу ефективність реакції на запити користувачів протягом їх роботи з РБД в порівнянні з традиційною технологією. Для цього необхідно вирішити ряд підзадач:

1. Збір даних про стан та ефективність роботи системи.
2. Визначення фрагментів даних для переміщення.
3. Реалізація операції реорганізації структури РБД.

Загалом на першому етапі повинні бути отримані такі дані: кількість запитів до серверу та до кожного фрагмента даних, чисельність віддалених запитів до кожного фрагмента даних від кожного сервера БД, час виконання запитів та розмір запитів від кожного сервера БД, обсяг завантаження кожного сервера.

Переміщення даних являє собою процес прийняття рішення про місце зберігання даних з метою мінімізації цільової функції при виконанні запитів. Задачу динамічного управління структурою РБД слід формулювати так: для цієї логічної схеми БД, безлічі запитів і конфігурації серверів описати схему фрагментації, схему розміщення фрагментів і стратегії виконання кожного запиту таким чином, щоб оптимізувати цільову функцію:

$$\zeta = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m (\tilde{c}_i(t) \cdot \tau_{ij}^D / \tau_{ij}^1 + \tilde{c}_g(t) \cdot \tilde{\omega}_{ij}(t)) \cdot \tilde{\phi}_{ij}(t) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість серверів;  $m$  – кількість запитів;  $\phi_{ij}$  – частота виникнення j-го запиту в i-му вузлі;  $\tau_{ij}^D$  – час відгуку на запит, виконаний у РБД;  $\tau_{ij}^1$  – розрахунковий час відгуку на запит, виконаний локально на вузлі i за умови наявності в ньому всіх необхідних фрагментів;  $\omega_{ij}$  – коефіцієнт використання ресурсів під час оброблення j-го запиту, що породжений в i-му вузлі;  $c_i$  і  $c_g$  – коефіцієнти важливості часу відгуку та готовності транзакції, що лежать в межах від 0 до 1.

У [5] значення коефіцієнтів визначаються проектувальником на підставі вимог до РБД. У цьому підході пропонується використовувати експертні оцінки у вигляді нечітких лінгвістичних змінних на часовій осі. Пошук рішення задачі оптимізації чіткої функції

від нечітких змінних можна здійснити використовуючи методи нечіткого лінійного та нелінійного програмування та інтерактивні методи побудови компромісних рішень [6].

**Розподілена компіляція запитів.**

Розглянемо загальну схему розподіленої компіляції.

Будемо називати головним вузлом той вузол мережі, в якому ініційований процес компіляції запиту SQL, і додатковими вузлами – ті вузли, які залучаються до цього процесу у ході його виконання. На самому грубому рівні процес компіляції можна розбити на такі фази.

У головному вузлі проводиться граматичний розбір запиту SQL з побудовою внутрішнього подання запиту у вигляді дерева. На основі інформації з локального каталогу головного вузла і віддалених каталогів додаткових вузлів проводиться заміна імен об'єктів, що фігурують у запиті, на їх системні ідентифікатори.

Як спосіб трансляції запитів різних СУБД, можна запропонувати використовувати граматики мов найбільш популярних СУБД у формі близькій до РБНФ, а також ANTLR [7] – генератор парсерів, що дозволяє за описом граматики створювати парсер на одному з цільових мов програмування. Нижче представлений фрагмент граматики мови T-SQL:

```

grammar tsql;
tsql_file
    : sql_clauses? EOF
    ;

sql_clauses
    : sql_clause+
    ;

sql_clause
    : dml_clause
    | ddl_clause
    | cfl_statement
    | another_statement
    ;

dml_clause
    : delete_statement
    | insert_statement
    | select_statement
    | update_statement
    ;

insert_statement
    : with_expression?
      INSERT (TOP '(' expression ') '
      PERCENT?)?
      INTO?      (ddl_object      |
      rowset_function_limited)
      insert_with_table_hints?
      '(' (' column_name_list ')')?
      output_clause?
      insert_statement_value
      for_clause? option_clause? ';'
    ;
    
```

Отриманий низхідний аналізатор необхідно доповнити семантичними діями з використанням механізму Listeners або Visitors (рис.).

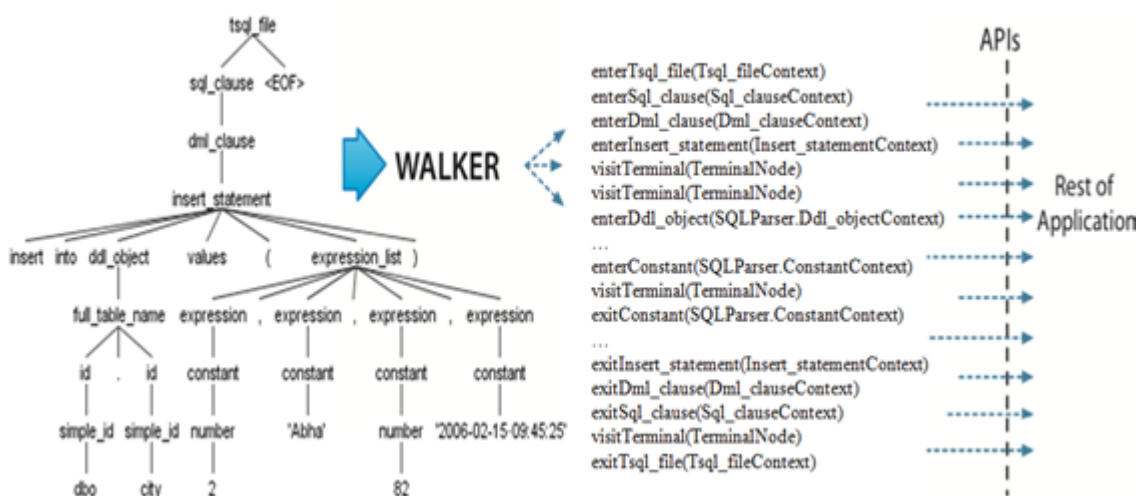


Рис. 1. Механізм Listeners з можливістю доповнення синтаксичними діями при обході дерева

У головному вузлі генерується глобальний план виконання запиту, в якому враховується лише порядок взаємодій вузлів при реальному виконанні запиту. Глобальний план відображається в перетвореному відповідним чином дереві запиту.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

У разі якщо у глобальному плані виконання запиту беруть участь додаткові вузли, проводиться його декомпозиція на частини, кожна з яких можна виконати в одному вузлі (наприклад, локальна фільтрація відносини відповідно до заданого в умові вибірки предикату обмеження). Відповідні частини запиту (у внутрішньому поданні) розсилаються в додаткові вузли.

У кожному вузлі, що бере участь у глобальному плані виконання запиту (головному і додаткових) виконується завершальна стадія виконання компіляції. Ця стадія включає, по суті, дві останні фази процесу компіляції запиту: оптимізацію і генерацію машинних кодів. Проводиться перевірка прав користувача, від імені якого проводиться компіляція, на виконання відповідних дій; відбувається опрацювання представлень бази даних; здійснюється локальна оптимізація оброблюваної частини запиту відповідно до наявних індексів; нарешті, проводиться генерація коду.

**Висновки.** Наявні методи та технології побудови неоднорідних розподілених систем мають за мету створення інтегрованого середовища шляхом поєднання існуючих баз даних і не забезпечують динамічного управління розміщенням фрагментів даних на серверах БД.

Запропоновано використовувати оптимізацію розміщення фрагментів даних, зважаючи на нечіткість даних відносно часової осі. Крім того, для забезпечення прозорого доступу до СУБД різних типів запропоновано використовувати технологію трансляції мов локальних СУБД за допомогою побудови парсеру синтаксично керуючого перекладу.

Таким чином, описані проблеми, методи та технології побудови неоднорідних федеративних систем управління базами даних розширюють наявні можливості та дозволяють наблизитися до побудови «ідеальних» розподілених СУБД.

#### Список використаних джерел

1. *Sheth A. P.* Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases / Amit P. Sheth, James A. Larson // ACM Computing Surveys. – 1990. – Vol. 22, no. 3,– Pp. 183–236.
2. *Бобрешов-Шишов Д. И.* Динамическое управление структурой распределенной базы данных / Д. И. Бобрешов-Шишов, Л. А. Саяркин, И. А. Шаров // Молодой ученый. – 2015. – № 7. – С. 51–53.
3. *Дейт К. Дж.* Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт. – 8-ое издание. – М. : Вильямс, 2005. – 1328 с.
4. *Ceri S., Negri M., Pelagatti G.* Horizontal data partitioning in database design // ACM SIGMOD international conference on Management of data. Orlando, Florida. – 1982. – Pp. 128–136.
5. *Новосельский В. Б.* Метод автоматизации проектирования распределенной реляционной базы данных / В. Б. Новосельский // Программные продукты и системы. – 2008. – № 3. – С. 45–48.
6. *Зайченко Ю. П.* Исследование операций: нечеткая оптимизация : учеб. пособие / Ю. П. Зайченко. – К. : Высшая школа, 1991. – 191 с.
7. *Parr T.* The Definitive ANTLR4 Reference / Terence Parr. – Dallas, Texas • Raleigh, North Carolina: The Pragmatic Programmers. – 2013. – 328 p.

**Бальченко Ирина Володимирівна** – кандидат технічних наук, асистент кафедри програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Бальченко Ирина Владимировна** – кандидат технических наук, ассистент кафедры информационных технологий и программной инженерии, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Balchenko Iryna** – PhD in Technical Sciences, Assistant of Information Technologies and Program Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Schevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** phiona06@yandex.ua

УДК 528.4:004.65(477):006.032

Руслан Беспалько, Юлія Ярова

**ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ  
ЗА ДИРЕКТИВОЮ INSPIRE**

Руслан Беспалько, Юлія Ярова

**ВНЕДРЕНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ  
ЗА ДИРЕКТИВОЙ INSPIRE**

Ruslan Bospalko, Yuliia Yarova

**IMPLEMENTATION OF GEOSPATIAL DATA INFRASTRUCTURE  
BY THE INSPIRE DIRECTIVE**

Як показують результати досліджень на геоінформаційну продукцію в Україні досі немає єдиної системи національних стандартів. Впровадження в Україні міжнародних стандартів та гармонізація діючої української законодавчої бази з міжнародною створить придатні умови для реалізації Інфраструктури геопросторових даних (ІГД) на Україні, а відтак і для інтеграції в геоінформаційний простір Європейського Союзу (ЄС). У майбутньому Національна інфраструктура геопросторових даних (НІГД) стане певним базовим каркасом, що містить сукупність актуальних і точних просторових даних, які завжди будуть доступнішими на локальному, національному та глобальному рівнях. Наявність такої інформації дозволить забезпечити сталий розвиток, економічне зростання і соціальний прогрес суспільства, а також ефективну охорону навколишнього середовища. НІГД вирішить нагальні питання у своєму середовищі та відкриє двері «відкритим даним».

**Ключові слова:** Директива INSPIRE, НІГД, кадастрова система, земельна реформа, Геопортал.

Рис.: 1. Табл.: 1. Бібл.: 13.

Как показывают результаты исследований на геоинформационную продукцию в Украине до сих пор нет единой системы национальных стандартов. Внедрение в Украине международных стандартов и гармонизация действующей украинской законодательной базы с международной создаст подходящие условия для реализации инфраструктуры геопространственных данных (ИГД) на Украине, а затем и для интеграции в геоинформационное пространство Европейского Союза (ЕС). В будущем Национальная инфраструктура геопространственных данных (НИГД) станет определенным базовым каркасом, содержащим совокупность актуальных и точных пространственных данных, которые всегда будут доступными на локальном, национальном и глобальном уровнях. Наличие такой информации позволит обеспечить устойчивое развитие, экономический рост и социальный прогресс общества, а также эффективную охрану окружающей среды. НИГД решит насущные вопросы в своей среде и откроет двери «открытым данным».

**Ключевые слова:** Директива INSPIRE, НИГД, кадастровая система, земельная реформа, Геопортал.

Рис.: 1. Табл.: 1. Библ.: 13.

Results of study are showing that in GIS products in Ukraine is still no unified system of national standards. There is introduction of international standards in Ukraine and harmonization of the current Ukrainian legislation with international create suitable conditions for implementing geospatial data infrastructures (GDI) in Ukraine, and thus for integration into space Geoinformation European Union (EU). In future, national geospatial data infrastructure (NGDI) will be basic skeleton containing a set of relevant and accurate spatial data. That date will always be accessible at local, national and global levels. Such information will have ensured sustainable development, economic growth and social progress of society, and effective environmental protection. NGDI will have solved pressing issues in their environment and will have opened the door for "open data".

**Key words:** the INSPIRE Directive, NGDI, the cadastral system, reform of land, geportal.

Fig.: 1. Tab.: 1. Bibl.: 13.

**Постановка проблеми.** З розвитком інформаційних технологій з'явилася потреба електронної бази даних з текстовими, статистичними, графічними й картографічними звітними матеріалами. Адже, як показує практика, володіння повною інформацією дає можливість змістовно нею керувати. Україна лише стоїть на шляху розроблення бази даних з інформацією про Землю, але, керуючись досвідом розвинених країн, зможе швидко надолужити. Йдеться про створення носія інформації, що об'єднає дані відомств та кадастрів України в єдину інформаційну систему геопросторових даних. Об'єднання даних матиме ієрархічну структуру і керуватиметься схемою, наведеною нижче (рис.).

Рівні ІГД



Рис. Схема об'єднаної інформаційної системи

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Формування НІГД та шляхи запровадження Директиви INSPIRE за стандартами ЄС в Україні вивчалось вітчизняними науковцями, зокрема А. А. Лященком, В. Б. Ковгаром В. В. Путренком, Т. В. Козловою, О. В. Коренець та ін. Вагомий внесок у досліджуване нами питання вкладає д-р техн. наук, професор Карпінський Ю. О., який є діючою головою технічного комітету стандартизації ТК 103 «Географічна інформація / Геоматика», що вивчає міжнародні стандарти серії ISO 19100, директором Науково-дослідного інституту геодезії і картографії та автором багатьох ґрунтовних праць щодо створення НІГД в Україні. Проте це питання є актуальним для сьогодення і залишається на стадії дослідження та реалізації, тому потребує подальшого вивчення.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Роками раніше у статті «Кадастрова система – перший крок до створення НІГД» зазначався план дій України на найближчі роки у галузі геоінформаційних технологій. Але описане питання до цього часу не вирішено. З чого варто розпочати? По-перше, провести інвентаризаційний опис всієї геоінформації країни. По-друге, слід з'ясувати, яке відомство збирає ті чи інші геопросторові дані. По-третє, стандартизувати їх відповідно до єдиної методики для подальшого обміну між іншими відомствами. Всі ці дії необхідні для уникнення дублювання інформації [7].

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є обговорення досягнутих результатів України та висвітлення нагальних проблемних питань, які потребують вирішення у сфері впровадження НІГД в Україні та шляхи реалізації стандартів ЄС за Директивою INSPIRE.

**Виклад основного матеріалу.** Врахування глобальних даних, їх аналіз, моделювання та прогнозування дозволить скласти цілісну картинку ситуації та врахувати масштаби можливих проблем. У цьому випадку найбільш влучним буде приклад «Ефекту метелика» – якщо знати, де та з якою силою метелик змахне крильцями, то можна передбачити майбутнє цунамі.

Змоделюємо реальну ситуацію, щоб зрозуміти механізм дії «Ефекту метелика» в процесі роботи ІГД. При вирубці лісу певної площі на певній території система допоможе побачити загальну картину та оцінити можливі наслідки прийнятого рішення. ІГД у цьому випадку відповість на такі питання. Як це позначиться на рельєфі лісового масиву? Як вплине на формування ґрунтів? Чи зміниться від цього русло річки, що протікає неподалік? Чи не загрожує це надзвичайними ситуаціями на кшталт повеней та зсувів ґрунту? Як вплине на клімат регіону та ін.

Тому міжнародна співпраця розширюється, поглиблюється інтеграція НІГД у загальні міжнаціональні та глобальні інформаційні інфраструктури. Зокрема, Європейським парламентом і Радою ЄС затверджена програма INSPIRE зі створення європейської ІГД; за сприяння ООН реалізуються проекти Глобального картографування та створення Глобальної ІГД (GSDI) [7].

Одним з основних пріоритетів внутрішньої й зовнішньої політики України сучасності є входження в ЄС. Впровадження в Україні міжнародних стандартів та гармонізація діючої української законодавчої бази з міжнародною створить придатні умови для реалізації ІГД на Україні, а відтак і для інтеграції в геоінформаційний простір Європейського Союзу.

Передумовою вступу України до ЄС є виконання завдання щодо адаптації законодавства України до законодавства ЄС, які мають юридичний, економічний та технічний характер і спрямовані на інформаційну інтеграцію держав-членів ЄС. Такий напрямок закріплений ст. 51 «Угоди про партнерство і співпрацю між Європейськими Спільнотами і Україною» від 14 червня 1994 р.; Стратегією інтеграції України в ЄС, затвер-

дженою Указом Президента України № 615/98 від 11 червня 1998 р.; Законом України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу», яким (у тому числі) передбачено створення ефективної нормативно-правової бази функціонування НІГД України і системи її державного регулювання з урахуванням вимог законодавства ЄС.

Для інтеграції в ЄС було розроблено документ «ЄС-Україна – Європейський порядок денний реформ» спільними зусиллями Урядом України, з одного боку, та Європейською службою зовнішніх дій і Європейською Комісією – з іншого. Порядок містить чітке зазначення конкретних кроків, часових рамок та контактну інформацію про відповідні органи влади. Дане положення міститься в «дорожній карті» з реалізації угоди про Асоціацію України і ЄС, оприлюдненій 20 червня 2014 року єврокомісаром Штефаном Фюле.

Окремої уваги заслуговує розділ про Земельну реформу, відповідно до якого Україна повинна адаптувати земельне законодавство до вимог Євросоюзу. В таблиці вказано основні риси впровадження земельної реформи [3].

Таблиця

*Передумови до вступу ЄС щодо земельної реформи*

№ п/п	Потреби / пріоритети / дії з боку України	Можлива допомога з боку ЄС
1	Створення ефективного механізму обороту сільськогосподарських земель	Імплементация проекту Twinning для вивчення найкращих практик країн-членів ЄС з питань земельної реформи
2	Вдосконалення законодавства у сфері земельних відносин на основі кращих практик ЄС	Технічна допомога експертів ЄС у здійсненні законотворчої діяльності з питань проведення земельної реформи
3	Вдосконалення Національної кадастрової системи, надання послуг з державного земельного кадастру через інтернет-сервіси	Технічна, фінансова допомога, обмін найкращими практиками, проведення спільних проєктів
4	Розбудова НІГД на технічному та законодавчому рівні. Надання рекомендацій щодо імплементации директиви ЄС INSPIRE	Надання рекомендацій щодо імплементации директиви ЄС INSPIRE. Надання технічної і фінансової допомоги у створенні пілотних проєктів в рамках НІГД. Залучення українських експертів до європейських проєктів з геопросторових даних

Земельну реформу планують завершити до кінця 2018 року. Згідно з табличними даними останньою сторінкою в розбудові Земельної реформи України буде розбудова НІГД на технічному та законодавчому рівні.

Допомогу в розробленні НІГД для України надасть Японська агенція міжнародної співпраці (JICA) – це найбільше в світі агентство двостороннього розвитку, що надає технічну підтримку, пільгові кредити та грантову допомогу в різних сферах діяльності. Проєкти за підтримки JICA реалізуються в більш ніж в 150 країнах світу.

9 жовтня 2015 відбулася зустріч україно-японської делегації з приводу відкриття проєкту «Створення НІГД в Україні». Цей проєкт реалізується між Японською агенцією міжнародної співпраці (JICA) та Державною службою з питань геодезії, картографії та кадастру.

Згідно з вищезазначеним проєктом, JICA зобов'язується надати технічну та фінансову допомогу Україні у створенні НІГД у двохрічний термін (2015–2017 рр.). При закінченні терміну договору в Україні буде прототип ІГД на пілотній території площею 900 км<sup>2</sup>. На картографічній основі даної території буде зібрано та систематизовано базовий набір геопросторових даних відповідно до серії міжнародних стандартів ISO 19100 «Географічна інформація / Геоматика» та вимог INSPIRE і в результаті гармонізують отримане з чинним українським законодавством. На Єдиному Геопорталі відо-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

бражатимуться тематичні нашарування, поєднані між собою. Отримавши очікуване від японських колег, ми отримуємо еталонну модель, за якою зможемо поширити ІГД на територію всієї країни, а відтак і влитися у європейський геоінформаційний простір.

Також необхідно підкреслити, яку важливу роль для України відіграє членство в EuroGeographics – представницькому органі та асоціації національних картографічних, кадастрових та реєстраційних організацій Європи. EuroGeographics разом із країнами-членами розвивають інфраструктуру для інтеграції їх національних даних, включаючи топографічну та земельну інформацію.

EuroGeographics прагне забезпечити сумісність та взаємозв'язок індивідуальних геоінформаційних баз даних країн-членів завдяки обміну досвідом та створення стандартних специфікацій даних [12].

Крім того, Україна співпрацює з об'єднаним Дослідницьким Центром Єврокомісії JRC. Технічні фахівці Центру ДЗК беруть участь у заходах та навчальних тренінгах до програм JRC щодо впровадження стандартів INSPIRE в Україні.

**Висновки і пропозиції.** Як показують наукові дослідження та власні спостереження, в майбутньому НІГД стане певним базовим каркасом, що міститиме сукупність актуальних і точних просторових даних, які завжди будуть доступнішими на локальному, національному та глобальному рівнях. Наявність такої інформації дозволить забезпечити сталий розвиток, економічне зростання і соціальний прогрес суспільства, а також ефективну охорону навколишнього середовища. Зазначені підходи фактично є реалізацією відомого в інформатиці принципу «відкритих систем».

#### Список використаних джерел

1. Берников Є. Концептуальні начала побудови Національної інфраструктури геопросторових даних / Є. Берников // Землевпорядний вісник. – 2013. – Вип. 12. – С. 4–6.
2. Беспалько Р. І. Кадастрова система України на шляху до прийняття стандартів ЄС за Директивою INSPIRE / Р. І. Беспалько, Ю. О. Ярова // Вісник ПДАБА. – 2016. – Вип. 4 (217). – С. 43–49.
3. *СС-Україна – Європейський порядок денний реформ: неофіційний переклад* [Електронний ресурс]. – 2014. – 16 травня. – 34 с. – Режим доступу : [http://eeas.europa.eu/delegations/ukraine/documents /eu\\_ua/ear\\_16052014\\_in\\_ukrainian\\_1.pdf](http://eeas.europa.eu/delegations/ukraine/documents /eu_ua/ear_16052014_in_ukrainian_1.pdf).
4. Карпінський Ю. О. Концептуальні засади створення національної інфраструктури геопросторових даних України / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : зб. наук. праць. – Львів : Нац. ун-т Львівська політехніка, 2005. – Вип. 1. – С. 295–301.
5. Козлова Т. В. ГІС в кадастрових системах / Т. В. Козлова, С. О. Шевченко. – К. : НАУ-друк, 2013. – 324 с.
6. Коренець О. В. Створення інфраструктури просторових даних для геоінформаційного картографування як актуальне наукове завдання / О. В. Коренець // Часопис картографії. – 2011. – Вип. 2. – С. 55–62.
7. Нагорна О. Кадастрова система – перший крок до створення національної інфраструктури геопросторових даних [Електронний ресурс] / О. Нагорна // Держгеокадастр. – 2015. – 14 вересня. – Режим доступу : <http://land.gov.ua/info/kadastrova-systema-pershyi-krok-dostvorennia-natsionalnoi-infrastruktury-geoprostorovykh-danykh/>.
8. *Розвиток Національної інфраструктури геопросторових даних в рамках директиви INSPIRE* [Електронний ресурс] // ДП Центр ДЗК. – 2015. – 21 квітня. – Режим доступу : [http://dzk.gov.ua/index.php?view=article&catid=36%3Ai&id=387%3Ainspire&format=pdf&option=com\\_content](http://dzk.gov.ua/index.php?view=article&catid=36%3Ai&id=387%3Ainspire&format=pdf&option=com_content).
9. *Техніко-економічна доповідь по формуванню національної інфраструктури геопросторових даних (Україні): шифр НДІ 10.0411: договір № 1-14/1040/31/2 № держреєстрації 0104Г008177 / М-во охорони навколиш. природ. середовища України, Держ. служба геодезії, картографії та кадастру, Н.-д. ін-т геодезії та картографії; наук. кер. Ю. О. Карпінський; викон.: А. А. Лященко, Б. Д. Лепетюк, М. О. Трюхан, О. П. Дроздівський, С. А. Іванченко, В. Г. Данильська. – [Б. м.], 2005. – 112 с.*

10. Тончовска Р. Инфраструктура пространственных данных и INSPIRE / Р. Тончовска, В. Стенли, С. Де Марино // Информационный бюллетень Всемирного банка. Европа и Центральная Азия. – 2012. – Сентябрь. – №55. – Статья 76208. – 4 с.

11. У Вашингтоні фахівці Держземагентства представили пілотний проект створення Національної інфраструктури геопросторових даних // Землевпорядний вісник. – 2014. – Вип. 4. – С. 17.

12. Україна готова до участі у європейських проектах зі створення інфраструктури геопросторових даних [Електронний ресурс] // Прес-служба Державного агентства земельних ресурсів. – 2013. – 15 листопада. – Режим доступу : [http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art\\_id=246849069](http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=246849069).

13. Українсько-японське співтовариство: створення Національної інфраструктури геопросторових даних [Електронний ресурс] // ДП Центр ДЗК. – 2015. – 18 вересня. – Режим доступу : [http://www.dzk.gov.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=414:2015-09-18-07-15-58&catid=36:i](http://www.dzk.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=414:2015-09-18-07-15-58&catid=36:i).

**Беспалько Руслан Іванович** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри землевпорядкування та кадастру, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Інститут біології, хімії та біоресурсів (вул. Леси Українки, 25, м. Чернівці, 58000, Україна).

**Беспалько Руслан Іванович** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры землеустройства и кадастра, Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, Институт биологии, химии и биоресурсов (ул. Леси Украинки, 25, г. Черновцы, 58000, Украина).

**Bespalko Ruslan** – PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Docent of the Department of Land and Cadastre, University of Chernivtsi, Institute of Biology, Chemistry and Bioresources (25 Lesya Ukrainka Str., 58000 Chernivtsi, Ukraine).

**E-mail:** [bespalko.r@gmail.com](mailto:bespalko.r@gmail.com)

**Ярова Юлія Олексіївна** – здобувач, фахівець кафедри землевпорядкування та кадастру, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Інститут біології, хімії та біоресурсів (вул. Леси Українки, 25, м. Чернівці, 58000, Україна).

**Яровая Юлия Алексеевна** – соискатель, специалист кафедры землеустройства и кадастра Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, Институт биологии, химии и биоресурсов (ул. Леси Украинки, 25, г. Черновцы, 58000, Украина).

**Yarova Yuliia** – candidate, Specialist of the Department of Land and Cadastre, University of Chernivtsi, Institute of Biology, Chemistry and Bioresources (25 Lesya Ukrainka Str., 58000 Chernivtsi, Ukraine).

**E-mail:** [yuliazim38@mail.ru](mailto:yuliazim38@mail.ru)

УДК 004.03

*Володимир Гур'єв, Ірина Фірсова*

## ТЕХНОЛОГІЇ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У ВНЗ УКРАЇНИ

*Владимир Гурьев, Ирина Фирсова*

## ТЕХНОЛОГИИ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ВУЗАХ УКРАИНЫ

*Volodymyr Guryev, Irina Firsova*

## CLOUD COMPUTING IN UNIVERSITIES OF UKRAINE

*Важливим завданням інформатизації освіти є формування інформаційного середовища, що сприятиме залученню учасників освітнього процесу до використання інформаційно-комунікаційних технологій в усіх галузях освітньої діяльності. Впровадження хмарних обчислень несуть із собою нові ризики, але і нові можливості для навчальних закладів та студентів, відповідно, отримувати кращі сервіси. Описано основні поняття «хмарних обчислень»: їх переваги й недоліки. Підкреслено актуальність використання технології «хмарних обчислень» у вищих навчальних закладах України.*

**Ключові слова:** ІТ-технології, інтернет-послуги, «хмарні обчислення», Microsoft Live@edu.

Бібл.: 8.

*Важной задачей информатизации образования является формирование информационной среды, которая будет способствовать привлечению участников образовательного процесса к использованию информационно-коммуникационных технологий во всех отраслях образовательной деятельности. Внедрение облачных вычислений несет с собой новые риски, но и новые возможности для учебных заведений и студентов, соответственно, получат лучшие информационные сервисы. Описаны основные понятия «облачных вычислений»: их достоинства и недостатки. Подчеркнута актуальность использования технологии «облачных вычислений» в высших учебных заведениях Украины.*

**Ключевые слова:** ИТ-технологии, интернет-услуги, «облачные вычисления», Microsoft Live@edu.

Библ.: 8.



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

*An important task of the informatization of the education is to create an information environment that will attract participants of the educational process to the use of ICT in all sectors of the educational activity. The introduction of cloud computing brings with it new risks but also new opportunities for educational institutions and students and respectively, to get the best information services. This article describes the basic concept of "cloud computing": their advantages and disadvantages. Underlined the relevance of the use of "cloud computing" technology in higher educational institutions of Ukraine.*

**Key words:** IT-technology, Internet services, "cloud computing", Microsoft Live @ edu.

**Bibl.:** 8.

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій та зростання вимог до якості освіти необхідним є процес адаптування та використання нових інформаційних послуг на основі новітніх технологій.

Нині будь-який вищий навчальний заклад не може ефективно працювати без використання сучасних інформаційних технологій. Зміст та розвиток ІТ-інфраструктури у кожного ВНЗ стає все більш дорогим. З кожним роком рівень даних витрат все більше і більше зростає. Треба витратити великі суми на комп'ютери, телекомунікаційне обладнання та програмне забезпечення. Крім того, значні інвестиції необхідні, щоб підтримувати високий рівень професіоналізму співробітників навчального закладу.

Хмарні обчислення є гарною альтернативою для класичної моделі освіти. Її головною перевагою можна вважати значну економію для навчального закладу, в якому вони використовуються. Дійсно, в цьому випадку інформаційні послуги надаються як «Хмара» постачальника послуг.

Документи, листи, програмне забезпечення та інші дані учасників навчально-виховного процесу зберігаються у віддалених серверах постачальника. Таким чином, немає необхідності для навчальних закладів платити за обчислювальні ресурси, які здебільшого не використовуються в повному обсязі. Єдина потрібна річ для викладачів і студентів – це доступ до мережі Інтернет.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Особливості впровадження хмарних технологій досліджували зарубіжні вчені Джастін Рейх, Томас Даккор, Новембер (Justin Reich, Thomas Daccord, Alan November), Вірджинія Скот (Virginia A. Scott), Алек Бодзін, Бет Шайнер Клейн, Стерлін Вівер (Alec M. Bodzin, Beth Shiner Klein, Starlin Weaver) [6] та ін. Крім того, результати досліджень українських науковців В. Ю. Бикова, В. М. Глушкова, О. О. Гриб'юк, М. І. Жалдака, В. С. Михалевича, Ю. І. Машбиця, Н. В. Сороко, М. А. Шиненко, та ін.; учених Білорусії Ю. А. Бикадорова, А. Т. Кузнецова, І. А. Новик, А. І. Павловського та ін.; російських учених: А. П. Єршова, В. П. Зінченко, М. М. Моїсеєва, В. М. Монахова, В. С. Ледньова та ін.; науковців інших країн суттєво вплинули на розвиток новітніх інформаційних технологій навчання, в тому числі хмарних обчислень [1; 5].

За оцінками аналітиків Гартнер груп (Gartner Group), хмарні обчислення вважаються найбільш перспективною стратегічною технологією майбутнього, прогнозується міграція більшої частини інформаційних технологій у хмари протягом найближчих 5–7 років [8].

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є дослідження сучасних підходів щодо використання хмарних обчислень у навчальному процесі та проаналізувати стан використання хмарних технологій у ВНЗ України.

**Виклад основного матеріалу.** Хмарні обчислення є динамічним і масштабованим способом доступу до зовнішніх обчислювальних ресурсів як сервісу, що надається через Інтернет, при цьому користувачу не потрібно ніяких спеціальних знань про інфраструктуру «хмари» або навичок управління цією «хмарною» технологією.

Під «хмарою» звичайно треба розуміти не сам Інтернет, а весь той набір апаратного та програмного забезпечення, який забезпечує оброблення та виконання замовлень клієнта «з іншого боку». По суті, навіть сама проста дія через інтернет-запит сторінки сайту певною мірою є прикладом хмарних обчислень. Інтернет, власне, виник саме для того, щоб забезпечити віддалений доступ до обчислювальних ресурсів.

Термін «хмарні обчислення» (англ. – cloud computing) застосовується до всіх послуг, які надаються через Інтернет.

Появу англійського терміна почали активно обговорювати у 2008 році на одній з тематичних інтернет-конференцій. У результаті обговорень були різні версії, за однією з яких термін cloud був вперше використаний головою компанії Google Шмідтом і отримав поширення в засобах масової інформації. Інша популярна версія припускає, що термін cloud computing став широко використовуватися у Сполучених Штатах з 2005 року, після запуску компанією Amazon проекту Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) і був широко поширений серед постачальників інформаційних технологій.

Термін «хмара» використовується як метафора, що ґрунтується на зображенні Інтернету на діаграмі комп'ютерної мережі, або як образ комплексної інфраструктури, яка приховує всі технічні подробиці.

Нині важко знайти того, хто першим придумав малювати на схемах хмари, але ідея прижилася, міцно увійшла до практики і врешті-решт з легкої руки професора Рамната К. Челлапа (Ramnath K. Chellappa) зі школи бізнесу університету Еморі (Атланта, Джорджія), який запропонував вважати обчислення економічними, а не технічним явищем, яке і дало підставу новому типу обчислень – Cloud Computing, його перекладають на інші мови як – «хмарні обчислення».

Суть хмарних обчислень – надання користувачам віддаленого доступу до послуг, обчислювальним ресурсам та додаткам (включаючи операційні системи та інфраструктуру) через мережу Інтернет. Розвиток цієї сфери хостингу було обумовлено необхідністю програмного забезпечення та цифрових послуг, якими можна управляти зсередини, але які були б більш рентабельними й ефективними.

Ці інтернет-послуги, які також називають «хмарними сервісами», можна поділити на три основні категорії [2]:

- інфраструктура як сервіс (IaaS, Infrastructure as a Service);
- платформа як сервіс (PaaS, Platform as a Service);
- програмне забезпечення як сервіс (SaaS, Software as a service).

Останній сервіс більш цікавий для освітніх установ тип хмарних обчислень, оскільки він не вимагає додаткових витрат на встановлення та налаштування програмного забезпечення, як це потрібно під час використання IaaS і PaaS. Слід також мати на увазі, що здебільшого плата за використання програмного забезпечення в межах SaaS розраховується з урахуванням кількості користувачів і не припускає так званих Enterprise-ліцензій, що дозволяють використовувати деякий сервіс для будь-якої кількості користувачів без обмежень. Приклади безкоштовних SaaS-рішень для освітніх установ – це Google Apps for Education і Microsoft Office 365 for education.

Office 365 поєднує потенціал популярних додатків Office для настільних систем з новими можливостями інтернет-версій служб Microsoft для зв'язку і спільної роботи, простий у використанні адмініструванні, має стійку систему безпеки і високий рівень надійності, а тому разом з іншими додатками Microsoft може використовуватись у системі освіти.

У порівнянні з традиційним підходом, хмарні сервіси дають змогу керувати більш значними інфраструктурами, обслуговувати різні групи користувачів у межах однієї хмари, а також означають повну залежність від провайдера хмарних послуг.

При наданні хмарного сервісу використовується тип оплати «плата за використання». Зазвичай за одиницю виміру часу роботи приймається хвилина або година користування ресурсами. У процесі оцінювання обсягу даних за одиницю виміру приймається Мегабайт інформації, що зберігається. При цьому користувач оплачує тільки той об'єм ресурсів, що в дійсності був використаний протягом деякого часу. Крім того, хмарна інфраструктура дозволяє користувачеві, за бажанням, «підняти» і «опустити»

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

максимальні обмеження ресурсів, скориставшись гнучкістю сервісу, що надається. Споживачеві хмарних послуг не потрібно турбуватися про інфраструктуру, яка забезпечує функціональність послуги. Усі завдання для налаштування, усунення недоліків, розширення інфраструктури тощо бере на себе сервіс-провайдер.

Існують різні базові варіанти розгортання «хмарних середовищ»:

- приватна (закрита) хмара, що використовується для послуг у межах компанії і замовника та постачальника послуг (компанія створює «хмару» для себе, у межах цієї організації, наприклад, щоб скоротити витрати, поліпшити логістику);
- громадська (відкрита) хмара, що використовується «хмарним» провайдером для надання зовнішнім клієнтам сервісів хмарної структури;
- змішана (або гібридна) хмара, використовується в поєднанні з двома вищевказаними варіантами розгортання.

**Переваги хмарних обчислень [3]:**

- користувач оплачує за послуги тільки коли це необхідно, і саме головне він платить тільки за те, що використовує;
- хмарні технології дозволяють економити на придбанні, підтримці модернізації програмного забезпечення та устаткування;
- масштабованість та безпека – автоматичне виділення і звільнення необхідних ресурсів залежно від потреб застосування. Технічне обслуговування, оновлення ПЗ проводить провайдер послуг;
- віддалений доступ до даних у хмарі – можна працювати з будь-якої точки на планеті, де є доступ до Інтернету.

**Недоліки хмарних обчислень [3]:**

- користувач не має доступу до внутрішньої хмарної інфраструктури. Збереження даних користувачів залежить від компанії інтернет-провайдера;
- не всі дані можна довіряти провайдеру в Інтернеті не тільки для зберігання, але навіть для оброблення;
- не кожен додаток дозволяє зберегти, наприклад, на флешку, проміжні етапи оброблення інформації, а також кінцевий результат роботи, але ж результати он-лайн зручні не завжди;
- існує ризик, що провайдер онлайн-послуг одного разу не зробить резервного копіювання даних, і вони будуть втрачені в результаті аварії на сервері;
- довіряючи свої дані інтернет-сервісу, ви втрачаєте контроль над ними й обмежуєте свою свободу.

Компанія Microsoft є одним з лідерів у забезпеченні послуг хмарних обчислень і в самому найближчому майбутньому планує надавати можливість створювати, публікації та редагування документів Word, Excel, PowerPoint і OneNote в он-лайн через Microsoft Office Web Apps і браузер Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox і Apple Safari.

У США в університетах функціонують віртуальні обчислювальні лабораторії (VCL, virtual computing lab), які створюються у хмарах для обслуговування навчального та дослідницьких процесів.

На сьогодні в Україні теж почалося створення національної освітньої інформаційної мережі на основі концепції хмарних обчислень у межах національного проекту «Відкритий світ». Крім того, на базі загальноосвітніх навчальних закладів України виконується всеукраїнський проект «Хмарні сервіси в освіті» (2014–2017 н. р.) [5].

Компанія TechExpert вперше в Україні пропонує своїм клієнтам інноваційне рішення – впровадження хмарних технологій Microsoft Live@edu, IT-інфраструктур навчального закладу.

Новітній сервіс Microsoft Live@edu – це безкоштовне рішення для організації електронної пошти для студентів, випускників, співробітників і викладачів, а також набір користувацьких сервісів для спілкування та співпраці.

Актуальність цієї послуги зумовлена тим, що більшість українських ВНЗ постають перед проблемою легалізації, придбання й оновлення ПЗ, а сервіс Live@edu дозволяє мінімізувати витрати на ці завдання, при цьому забезпечує широку функціональність.

Це рішення дозволяє організувати централізоване управління корпоративною електронною поштою, без необхідності закупівлі сервера та коштовного програмного забезпечення. А також, організувати онлайн розклад пар доступного безпосередньо з пошти, особисті і загальні файлові сховища, створити простір для спільної роботи.

Сучасні комп'ютерні технології дозволяють студентам та викладачам використовувати для спілкування та роботи декілька пристроїв: ноутбуки, комп'ютери, смартфони, мобільні телефони тощо. Інструменти Google, Apps підтримуються самими різними пристроями, тому є загальнодоступною й універсальною ІТ-технологією для роботи в освітньому середовищі.

Таким чином, «хмарні обчислення» – галузь автоматизації, віртуалізації ІТ-процесів, що інтенсивно розвивається і більш модна останнім часом. Динаміка зростання таких розрахунків вражає. Так, Microsoft-рішень, що використовують хмарні обчислення, не менше 70 %. Amazon, Google і т. ін. теж не пасуть задніх. Microsoft прогнозує на подальше 100 % «хмарність» ІТ-рішень [7].

**Висновки і пропозиції.** Технології хмарних обчислень у ВНЗ відповідно до навчальної мети, завдань та можливостей навчального закладу можуть використовуватися окремо або у поєднанні у таких головних напрямках, як технологічна основа для організації навчального процесу, як засіб навчання та як об'єкт вивчення.

Слід відзначити, що переважна більшість вищих навчальних закладів в Україні лише починає впроваджувати хмарні технології в навчальний процес та включати відповідні дисципліни для їх вивчення. Отже, очевидно, що інтеграція хмарних сервісів в освіту сьогодні є актуальним предметом для досліджень. Підтвердженням проведення таких досліджень може бути міжнародний семінар «Хмарні технології в освіті», який був проведений у травні 2016 року в декількох ВНЗ України.

#### Список використаних джерел

1. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти : монографія / В. Ю. Биков. – К. : Атіка, 2008. – 684 с.
2. Биков В. Ю. Технології хмарних обчислень, ІКТ-аутсорсинг та нові функції ІКТ-підрозділів навчальних закладів і наукових установ / В. Ю. Биков // Інформаційні технології в освіті. – 2011. – № 10. – С. 8–23.
3. Биков В. Ю. Хмарна комп'ютерно-технологічна платформа відкритої освіти та відповідний розвиток організаційно-технологічної будови іт-підрозділів навчальних закладів / В. Ю. Биков // Теорія і практика управління соціальними системами. – 2013. – № 1. – С. 81–98.
4. Вакалюк Т. А. Можливості використання хмарних технологій в освіті / Т. А. Вакалюк // Актуальні питання сучасної педагогіки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Острого, 1–2 листопада 2013 року). – Херсон : Гельветика, 2013. – С. 97–99.
5. Гриб'юк О. О. Перспективи впровадження хмарних технологій в освіті [Електронний ресурс] / О. О. Гриб'юк. – Режим доступу : <http://lib.iitta.gov.ua/1111/1/grybyuk-stattya1-hmapu>.
6. Шиненко М. А. Використання хмарних технологій для професійного розвитку вчителів (зарубіжний досвід) / М. А. Шиненко, Н. В. Сороко // Інформаційні технології в освіті. – 2012. – № 11. – С. 206–214.
7. Microsoft Operations Framework [Електронний ресурс]. – 2010. – Режим доступу : <http://www.microsoft.com/mof>.
8. Plummer D. C. Cloud Computing Confusion Leads to Opportunity / Daryl C. Plummer, David W. Cearley, David Mitchell Smith – Report № G00159034. – Gartner Group, 2008 [Electronic

resource]. – Access mode :  
[http://www.gartner.com/it/content/868800/868812/cloud\\_computing\\_confusion.pdf](http://www.gartner.com/it/content/868800/868812/cloud_computing_confusion.pdf).

**Гур'єв Володимир Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри кібербезпеки та математичного моделювання, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Красносільського, 79/34, м. Чернігів, 14026, Україна).

**Гурьев Владимир Иванович** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры кибербезопасности и математического моделирования, Черниговский национальный технологический университет (ул. Красносельского, 79/34, г. Чернигов, 14026, Украина).

**Guryev Volodymyr** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Professor of KiberSecurity and Mathematical Simulation Department, Chernihiv National University of Technology (79/34 Krasnosilskogo Str., 14026 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: guryev54@ukr.net

**Фірсова Ірина Валеріївна** – старший викладач кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Красносільського, 79/34, м. Чернігів, 14026, Україна).

**Фирсова Ирина Валериевна** – старший преподаватель кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Красносельского, 79/34, г. Чернигов, 14026, Украина).

**Firsova Irina** – Senior Lecturer of Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (79/34 Krasnosilskogo Str., 14026 Chernihiv, Ukraine).

УДК 001.8:510.67:331.102.24(045)

*Олег Зарицький*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ КОМПЕТЕНЦІЙ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

*Олег Зарицький*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КОМПЕТЕНЦИЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Oleg Zaritskyi*

### STUDY OF MUTUAL INFLUENCE OF THE STRUCTURAL ELEMENTS OF INFORMATION MODELS COMPETENCES AND PROFESSIONAL ACTIVITIES

*Представлено результати дослідження взаємного впливу структурних елементів інформаційних моделей компетенцій та професійної діяльності за допомогою методів статистичного аналізу у вигляді відповідних кореляційних коефіцієнтів.*

**Ключові слова:** *аналіз професійної діяльності, інформаційна система, експертна система, кореляційний аналіз, модель компетенцій.*

*Рис.: 8. Табл.: 5. Бібл.: 11.*

*Представлены результаты исследования взаимного воздействия структурных элементов информационных моделей компетенций и профессиональной деятельности с помощью методов статистического анализа в виде соответствующих корреляционных коэффициентов.*

**Ключевые слова:** *анализ профессиональной деятельности, информационная система, экспертная система, корреляционный анализ, модель компетенций.*

*Рис.: 8. Табл.: 5. Библ.: 11.*

*In the article, the results of research of information competencies and professional activity models structural element's mutual influence level using statistical analysis methods in the form of correlation coefficients are been presented.*

**Key words:** *analysis of professional activity, information system, expert system, correlation analysis, competency model.*  
*Fig.: 8. Tabl.: 5. Bibl.: 11.*

**Постановка проблеми.** Компетенції та сучасні підходи щодо їх опису ми розглядаємо з погляду їх інформаційної моделі в межах загальної моделі професійної діяльності та дослідження суттєвих зв'язків між її атрибутами. Структура інформаційної моделі сутності «Компетенція» (рис. 1) представлена в загальному вигляді, елементи якої можуть бути заповнені з використанням будь-якої сучасної методології із зазначеної предметної галузі. Визначимо основні поняття, введені в модель.

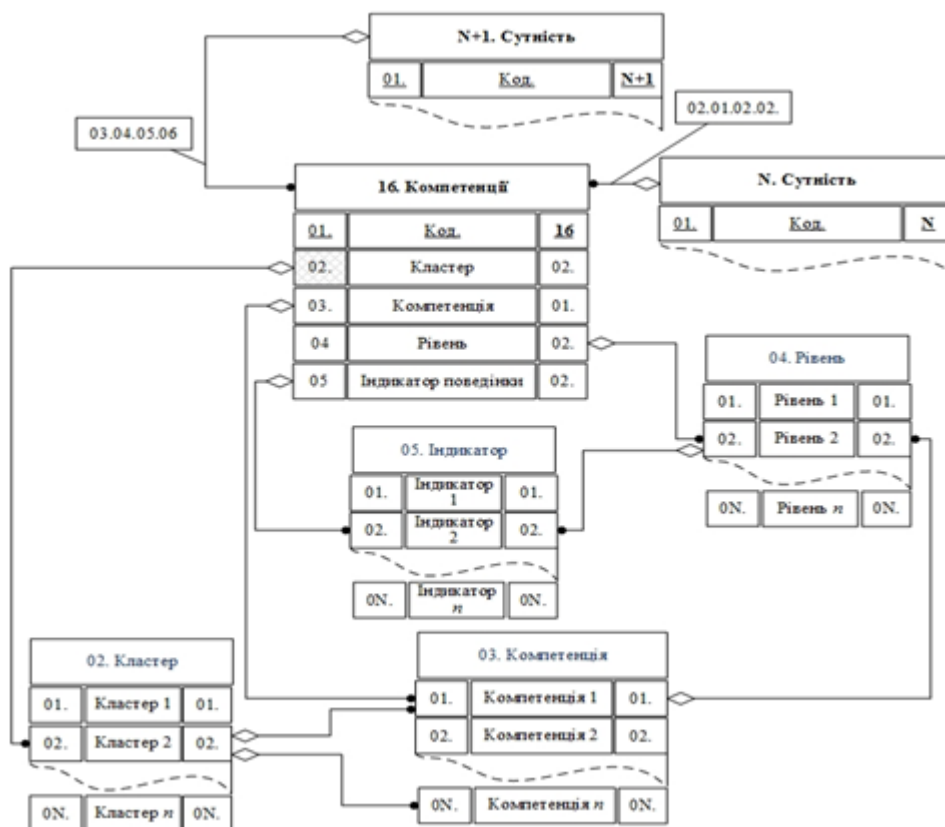


Рис. 1. Концептуальна інформаційна модель сутності «Компетенція»

**Компетенція** (від лат. Competere – відповідати, підходити) – здатність застосовувати знання, вміння, успішно діяти на основі практичного досвіду під час вирішення задач [1].

**Кластер компетенцій** – набір тісно пов'язаних між собою за певною ознакою компетенцій (зазвичай від трьох до шести). Безпосередньо компетенції визначають конкретну характеристику, яка необхідна для виконання задачі. Так, наприклад, складовими «Когнітивні здібності» будуть компетенції: аналітичне мислення, концептуальне мислення тощо [2]. **Рівень компетенції** – характерні кількісно-якісні властивості, які використовуються для оцінювання або порівняння. **Індикатори поведінки** – ключова характеристика, як правило, формулювання зразків поведінки в межах рівня компетенції.

На моделі зображено символічний зв'язок сутності «Компетенція» з іншими сутностями (N, N+1) та відповідні коди, які описують конкретну компетенцію, необхідну для реалізації відповідної сутності в межах виконання задачі, наприклад, для реалізації сутності N необхідна перша компетенція з другого кластера, яка має 2 рівень і описується другим зразком поведінки – 02.01.02.02.

Проблема полягає у відсутності ґрунтовних досліджень з погляду рівнів взаємного впливу між компетенціями як у межах одного кластера, так і між різними кластерами моделі. Відсутність зазначених досліджень робить неможливим практичну розробку інтелектуальних інформаційних систем оцінювання професійної діяльності, оскільки розроблення правил, які активуються під час введення певних компетенцій у вигляді фактів та забезпечують роботу машини логічного виводу, передбачає наявність даних не тільки щодо зв'язків між компетенціями, але й рівнів цих зв'язків для автоматичного виклику пов'язаних факторів і організації подальших розрахунків.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботах [1; 2] розглянуті загальні теорії компетенцій, які описують їх моделі з концептуального погляду. Так, Л. М. Спенсер пропонує розглядати п'ятифакторну модель компетенцій, в якій детально представлені як самі компетенції, так і моделі відповідної поведінки. Автор також розглядає зв'язок

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

між компетенціями, але опис носить якісний характер, оскільки відсутні відповідні кількісні характеристики взаємного впливу.

У роботі [3] розглянуто також загальні підходи до розроблення моделей компетенцій та їх практичного застосування для вирішення практичних завдань кадрового менеджменту. Робота [4] присвячена основним системам мотивації та оплати праці. Моделі компетенцій розглядаються в ній з погляду побудови профілів посад з метою їх подальшого використання під час атестації та оцінювання ефективності роботи працівників. Відповідно компетенції, розглянуті в роботі, також носять декларативний характер і не передбачають визначення їх взаємного впливу та його кількісної оцінки. Роботи [5–7] присвячені питанням розробки систем оцінювання співробітників з погляду їх компетенцій, тому моделі компетенцій, розглянуті в зазначених роботах, представлені відповідними моделями поведінки та шкалами і методами її оцінювання. Зазначені моделі не можуть використовуватися в автоматизованих інформаційних системах оцінки професійної діяльності, оскільки не дозволяють будувати причинно-наслідкові зв'язки у вигляді фактів та відповідних правил.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Вирішення зазначеного питання щодо можливості використання моделей компетенцій в інформаційних системах полягає в дослідженні кількісних характеристик взаємного впливу компетенцій, встановленні певного рівня кореляції між ними, який буде визначати критичний рівень взаємодії та можливість активації відповідних правил машини виводу для здійснення необхідних розрахунків та автоматичного виклику в робочу пам'ять нових фактів, тобто пов'язаних компетенцій.

Для апробації загального підходу в межах методології моделювання професійної діяльності в роботі використовується модель компетенцій, запропонована в дослідженнях американського вченого Л. М. Спенсера [1], як найбільш розповсюджена в наукових колах (рис. 2).

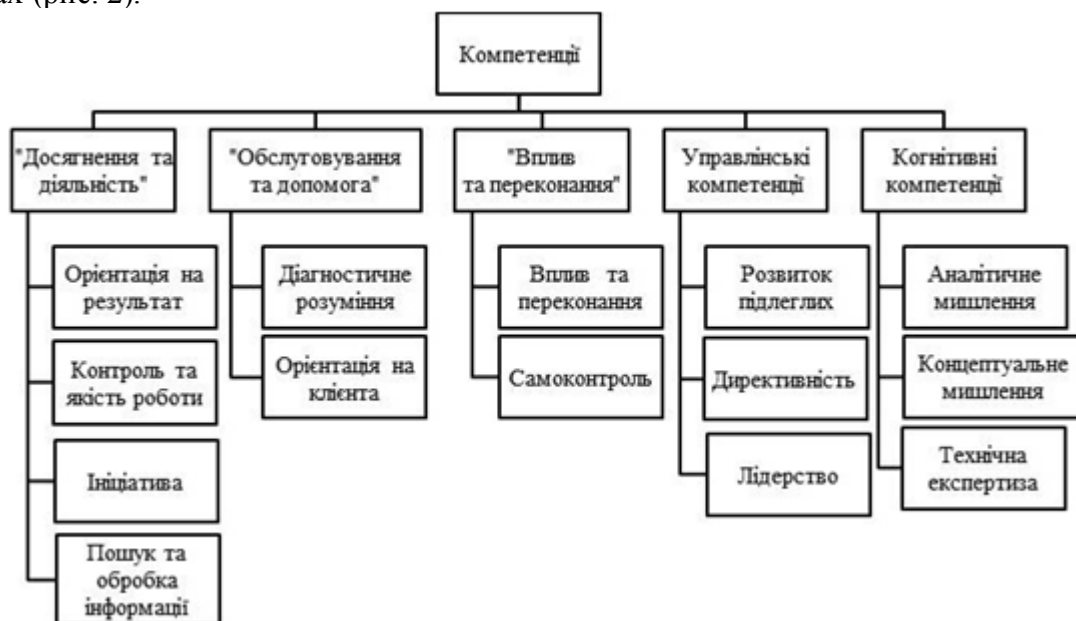


Рис. 2. Структура компетенцій

У межах експерименту в роботі використовувалися 225 операцій (спостережень), які розглядалися в межах професійної діяльності більше ніж 40 різноманітних посад.

**Мета статті.** Головною метою роботи є висвітлення результатів дослідження, присвячених визначенню наявності та величини кореляції між елементами структурної моделі компетенцій та сутностей моделі професійної діяльності. Головною науковою задачею для досягнення поставленої мети є здійснення структурного аналізу зазначеної

моделі за допомогою параметричних методів математичної статистики в середовищі Statistica 8.0 – основного інструментального засобу дослідження.

Сутність «Компетенція» потребує окремого вивчення з погляду взаємного впливу її складових у зв'язку з відсутністю формалізованих моделей, які описували б рівні кореляції між кластерами та їх складовими. Оскільки компетенції визначають як здатність особи застосовувати знання, вміння, успішно діяти на основі практичного досвіду під час вирішення задач, отримані результати дослідження можуть використовуватися у загальній моделі професійної діяльності людини в подальших дослідженнях та для побудови інформаційних експертних систем оцінювання складності діяльності (робіт).

**Виклад основного матеріалу.** Конкретні значення оціночних шкал та моделей поведінки детально представлені в дослідженні [1] та використовуються в роботі в межах експерименту.

Результати досліджень представлені групами, які характеризують відношення між компетенціями (кластерами) та відповідними сутностями, введеними та дослідженими в попередніх роботах [8; 9].

Аналіз зв'язків між атрибутами сутності «Освітньо-кваліфікаційний рівень» та компетенціями в межах кластерів моделі компетенцій (рис. 3) дозволяє обґрунтовано зробити висновки щодо рівнів та направленості зв'язків. У табл. 1 представлені результати канонічного аналізу зазначених сутностей. У другому стовпчику таблиці знаходяться значення  $R$  – коефіцієнта кореляції,  $\chi^2$  – критерій,  $p$  – рівень значущості результату. Дані з третього стовпчика описують загальну надлишковість кожної зі змінних, які розглядаються, тобто відсоток дисперсії, якій пояснюється варіаціями іншої змінної. На перетині стовпчиків та строк вказані значення безпосередньо коефіцієнтів кореляції між змінними. За таким самим принципом побудовані табл. 2–4.

Таблиця 1

*Результати канонічного аналізу між атрибутами сутності «Освітньо-кваліфікаційний рівень» та компетенціями*

Компетенція/Сутність	$R, \chi^2, p$	ЗН, %	Освітньо-кваліфікаційний рівень	Досвід роботи	Підвищення кваліфікації	
Технічна експертиза	<b>0,81758</b>	36,71	<b>0,61</b>	<b>0,71</b>	0,34	
Концептуальне мислення (КМ)	273,96		0,41	0,20	0,21	
Аналітичне мислення (АМ)	0,00001		<b>0,64</b>	<b>0,50</b>	0,27	
Обробка інформації	<b>0,75521</b>	30,11	<b>0,56</b>	0,40	0,24	
Орієнтація на результат			<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	0,22	
Контроль та якість роботи			196,37	0,41	0,39	0,17
Ініціатива			0,00001	<b>0,55</b>	<b>0,57</b>	0,24
Самоконтроль	<b>0,60681</b>	16,39	0,21	0,29	0,18	
Вплив та переконання	106,52	23,65				
Розвиток підлеглих	0,00001	16,67	0,30	<b>0,60</b>	0,11	
Директивність	<b>0,61648</b>		0,18	0,33	0,16	
Лідерство	108,58		0,29	<b>0,61</b>	0,16	
Діагностичне розуміння	0,00001		24,45	0,27	<b>0,48</b>	0,13
Орієнтація на клієнта	<b>0,47853</b>	10,19	0,23	<b>0,45</b>	0,14	
	62,813	17,52				
	0,00001		0,07	0,36	0,02	

Сутність «Освітньо-кваліфікаційний рівень» має позитивний кореляційний зв'язок з усіма розглянутими компетенціями на високому рівні значущості, однак зв'язок в межах кожної пари визначається конкретними змінними. Так, зв'язок на рівні 0,82 з когнітивними компетенціями (рис. 3) більшою мірою пояснюється кореляцією між «Освітньо-кваліфікаційним рівнем» та «Аналітичним мисленням», а також між «Досвідом роботи» та «Технічною експертизою» (рис. 4).



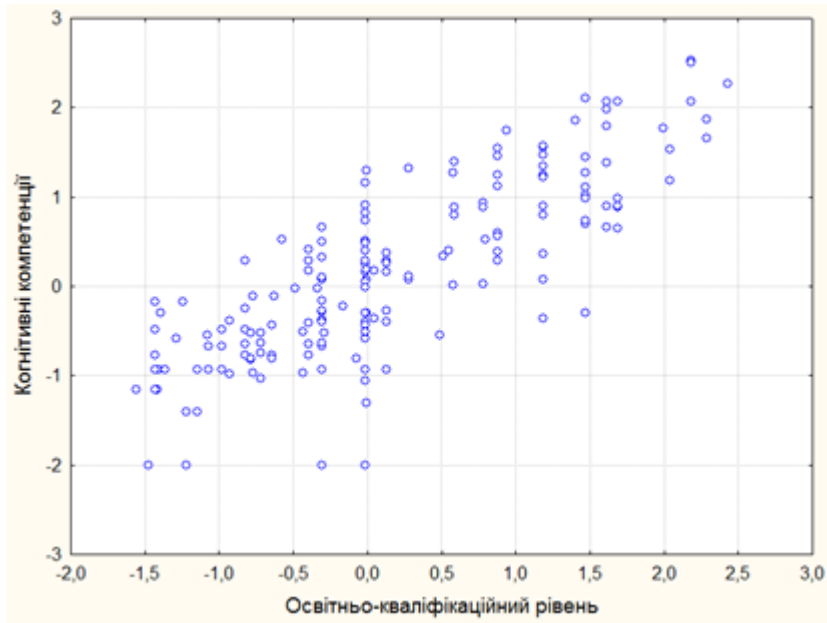


Рис. 3. Зв'язок між освітньо-кваліфікаційним рівнем та когнітивними компетенціями

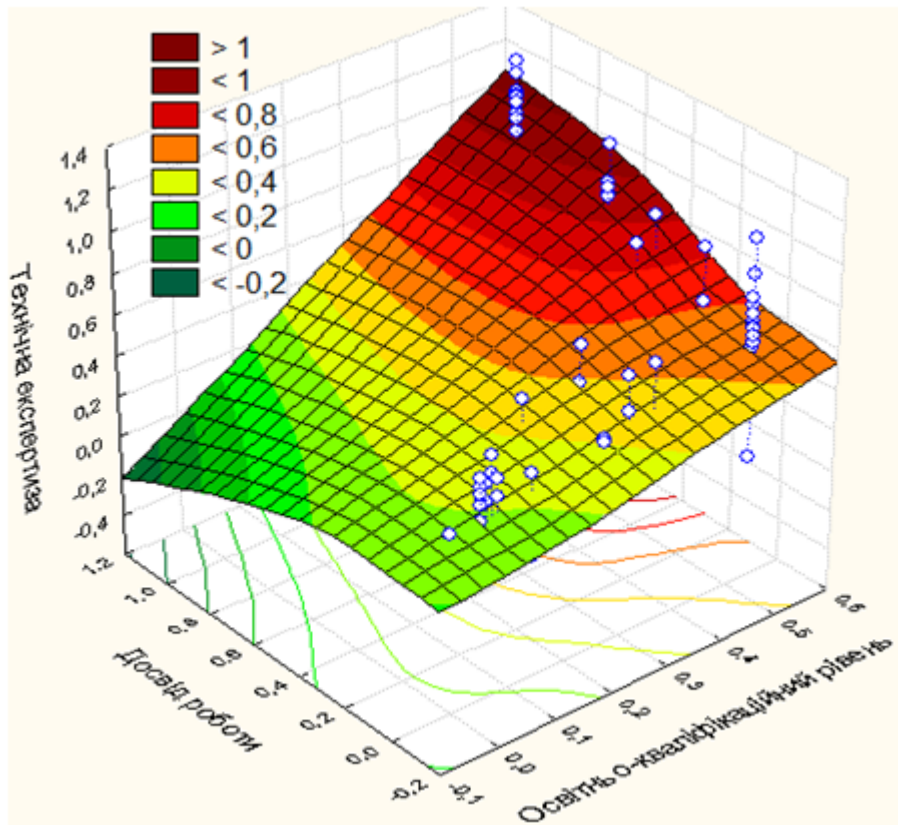


Рис. 4. Кореляційний аналіз між змінними моделі

Слід відзначити, що 36,71 % дисперсії «Освітньо-кваліфікаційного рівня» пояснюється змінними когнітивних компетенцій, і відповідно 43,71 % дисперсії когнітивних компетенцій обумовлені варіаціями сутності, таким чином визначальною в парі є сутність «Освітньо-кваліфікаційний рівень». Очевидним є факт збільшення ваги атрибуту «Досвід роботи» при переході до компетенцій, які характеризують роботу з людьми (рис. 5). Два піки на поверхні результатів кореляційного аналізу пояснюються вимогами до лідерських компетенцій у багатьох випадках не тільки для керівних робіт, де потребується великий досвід, але і для робіт інженерно-технічних.

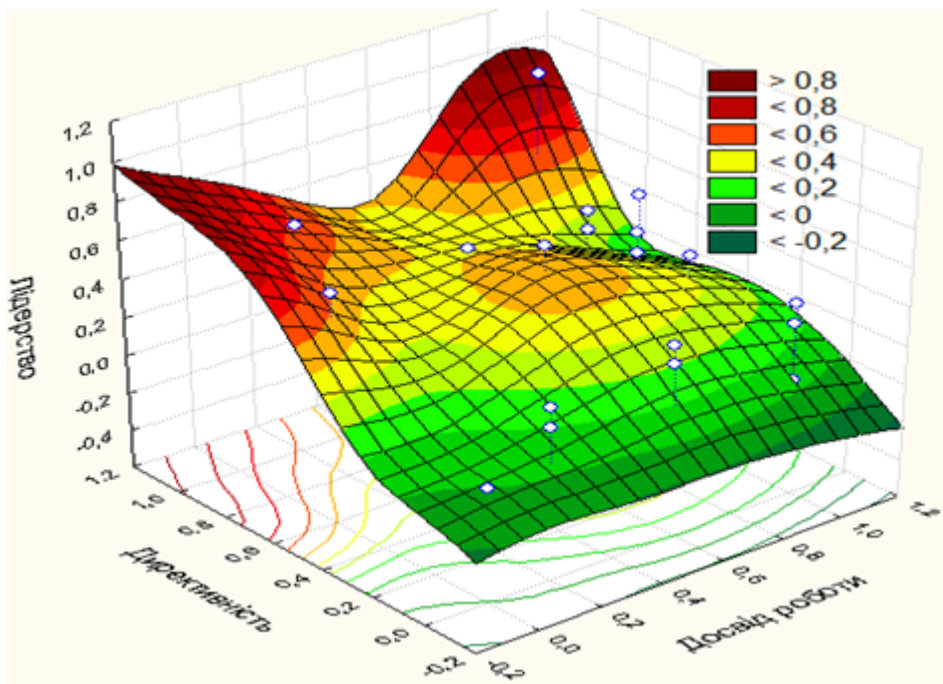


Рис. 5. Кореляційний аналіз між змінними моделі

Атрибути сутності «Рішення» та компетенції також характеризуються позитивним кореляційним зв'язком, особливо в частині когнітивного мислення та кластера «Досягнення та діяльність» (рис. 6).

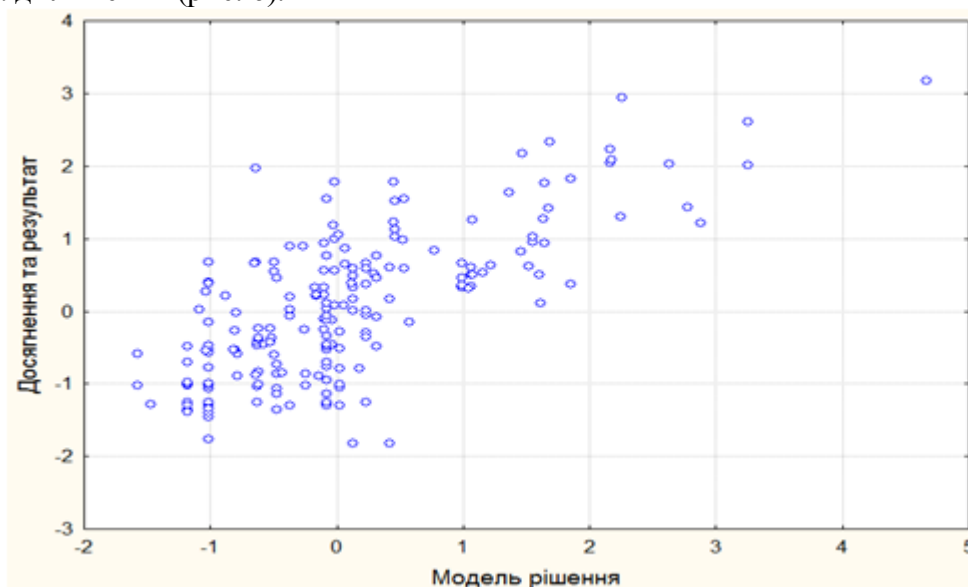


Рис. 6. Зв'язок між сутністю «Рішення» та компетенціями кластера «Досягнення та результат»

Визначальними атрибутами є «Масштаб рішення», «Помилка» та, відповідно, «Технічна експертиза», «Аналітичне мислення» та «Орієнтація на результат».

Між «Моделлю рішення» та «Концептуальним мисленням» є позитивний кореляційний зв'язок на рівні 0,51, що пояснюється необхідністю використання складних моделей розв'язання задач при переході до ірраціональних моделей прийняття рішення [10].

Відповідно до результатів аналізу 43,62 % дисперсії когнітивних компетенцій пояснюються змінами в моделях прийняття рішення, тобто сутність «Рішення» є визначальною для зазначеного кластера компетенцій (табл. 2).

Таблиця 2

*Результати канонічного аналізу між атрибутами сутності  
«Рішення» та компетенціями*

Компетенція/Сутність	$R, \chi^2, p$	ЗН, %	Масштаб	План	Обмеження	Помилка	Модель
Технічна експертиза	0,72387	22,66 43,62	<b>0,61</b>	0,24	0,04	<b>0,45</b>	0,35
Концептуальне мислення (КМ)	224,83		0,33	0,40	0,13	0,30	<b>0,51</b>
Аналітичне мислення (АМ)	0,00001		<b>0,52</b>	0,34	-0,15	<b>0,44</b>	<b>0,43</b>
Обробка інформації	0,73537 211,39 0,0000	21,35 36,27	<b>0,43</b>	0,17	-0,16	0,40	0,41
Орієнтація на результат			<b>0,53</b>	0,27	-0,16	0,41	0,42
Контроль та якість роботи			0,39	0,10	-0,01	0,322	0,14
Ініціатива			<b>0,55</b>	0,43	-0,11	0,39	0,37
Самоконтроль	0,51663	9,26	<b>0,35</b>	-0,02	0,24	0,24	0,06
Вплив та переконання	88,131 0,00001	22,1	<b>0,45</b>	0,06	-0,00	<b>0,31</b>	0,23
Розвиток підлеглих	0,53877	8,57 21,01	0,36	0,09	-0,02	<b>0,23</b>	0,01
Директивність	88,086		<b>0,48</b>	0,01	0,00	<b>0,29</b>	0,16
Лідерство	0,00001		<b>0,43</b>	0,06	-0,03	<b>0,28</b>	0,18
Діагностичне розуміння	0,44495	4,08	0,39	-0,06	0,02	0,17	0,008
Орієнтація на клієнта	52,068 0,00001	4,18	0,26	-0,01	0,09	0,10	0,05

Варіативність кластера «Досягнення та діяльність» на 36,27 % також пояснюється змінами в атрибутах сутності «Рішення» на значному рівні 0,74. Ціна помилки зростає зі зростанням лідерської ролі (0,28), директивності (0,29). Ця залежність не є прямою, в цьому випадку йдеться про непряму кореляцію, оскільки зазначені компетенції пов'язані з атрибутом «Масштаб прийняття рішення», який у свою чергу має з ними високий рівень кореляції – 0,43 та 0,48 відповідно.

Позитивний кореляційний зв'язок між атрибутами сутності «Комунікації» та групами компетенцій визначається в основному атрибутами «Суб'єкт комунікацій», «Мета комунікацій» та компетенціями, які характеризують здатність особи працювати з людьми під час передачі знань та здійснення управлінських функцій [11]. Так, очевидно (табл. 3), що групові та масові комунікації передбачають значний рівень технічної експертизи, що і відображується відповідним коефіцієнтом кореляції – 0,51. Збільшення рівня комунікацій у частині суб'єкта також передбачає вищий рівень компетенцій у частині ініціативи (0,41), впливу та переконання (0,37), директивності (0,43), лідерства (0,35) та діагностичного розуміння (0,25) (рис. 7).

Таблиця 3

*Результати канонічного аналізу між атрибутами сутності «Комунікації»  
та компетенціями*

Компетенція/Сутність	$R, \chi^2, p$	ЗН, %	Код	Канал	Суб'єкт	Мета
Технічна експертиза	0,53182	16,87 21,77	0,20	0,21	<b>0,51</b>	0,40
Концептуальне мислення (КМ)	114,69		0,26	0,21	0,23	0,35
Аналітичне мислення (АМ)	0,00001		0,25	0,36	<b>0,40</b>	0,37
Обробка інформації	0,53491 95,686 0,00001	16,07 19,31	0,26	0,34	0,29	0,30
Орієнтація на результат			0,22	0,27	<b>0,45</b>	<b>0,41</b>
Контроль та якість роботи			0,12	0,26	<b>0,36</b>	0,24
Ініціатива			0,16	0,20	<b>0,41</b>	<b>0,40</b>
Самоконтроль	0,47134	7,20	0,05	-0,1	0,20	0,23
Вплив та переконання	59,690 0,0000	16,30	0,07	-0,01	<b>0,37</b>	<b>0,36</b>
Розвиток підлеглих	0,49312	7,46 16,42	-0,05	-0,04	0,26	0,17
Директивність	64,630		0,07	-0,00	<b>0,43</b>	0,29
Лідерство	0,00001		0,06	-0,00	<b>0,35</b>	0,28
Діагностичне розуміння	0,40610	4,90	0,03	-0,08	0,25	<b>0,31</b>
Орієнтація на клієнта	49,320 0,00001	11,15	-0,06	-0,04	0,19	0,065

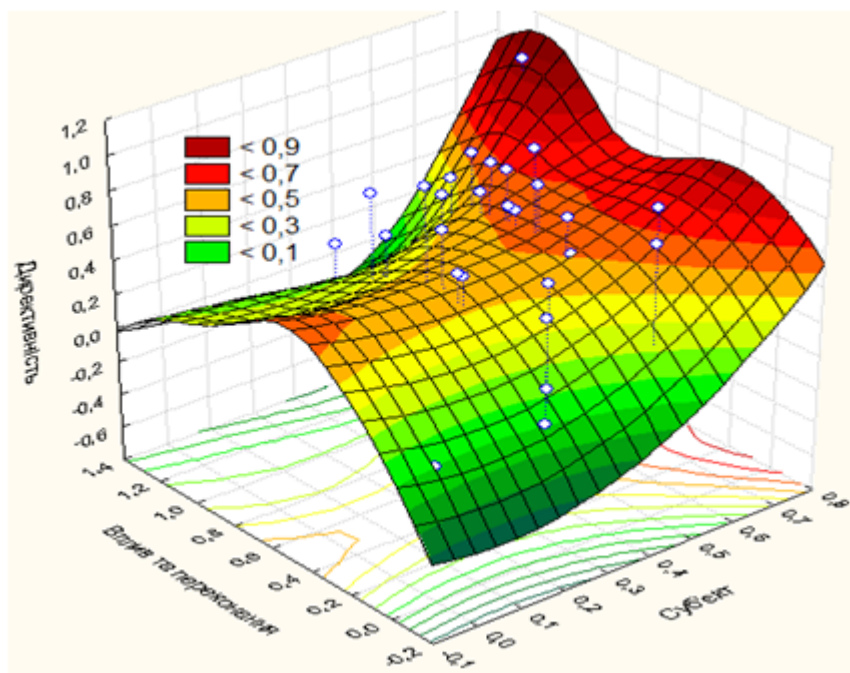


Рис. 7. Кореляційний аналіз між змінними моделі

Збільшення оцінки атрибуту «Мета», тобто перехід від обміну даними до передачі знань та зміни моделі поведінки опонента, відповідно збільшує вимоги до оцінки «Впливу та переконання», «Діагностичного розуміння», «Орієнтації на результат» та «Ініціативи» (рис. 8). Сутність «Оброблення інформації» та компетенції кластерів «Когнітивне мислення» і «Досягнення та діяльність» впливають один на одного на рівні коефіцієнта кореляції – 0,6. З іншими кластерами компетенцій зв'язок існує, але на рівні значущості менше ніж 0,05, що при певних припущеннях дозволяє такі зв'язки не розглядати з метою спрощення моделей. Значення загальної надлишковості на рівні 0,13–2,99 дає підстави стверджувати, що змінні, які аналізуються, є практично незалежними (табл. 4). Наявний незначний зв'язок може бути пояснений тільки непрямими кореляціями з іншими сутностями.

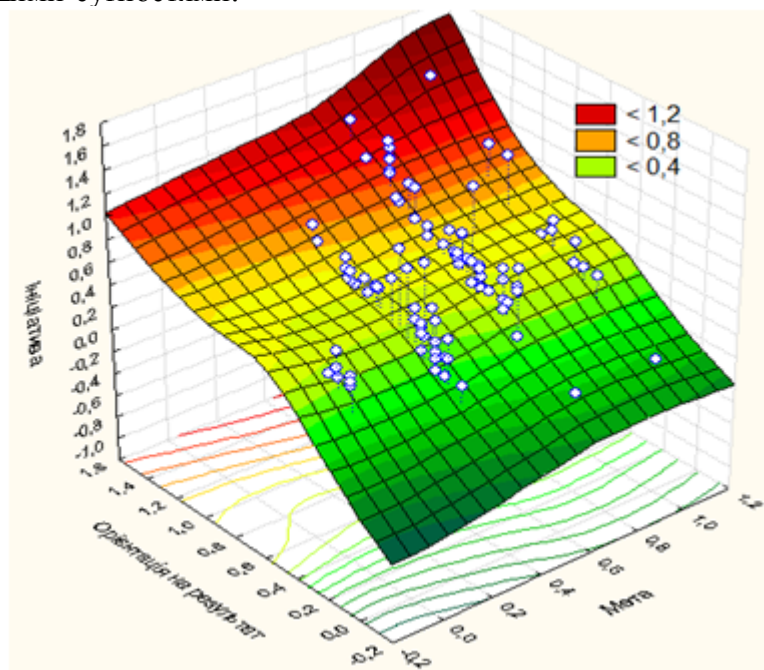


Рис. 8. Кореляційний аналіз між змінними моделі

Таблиця 4

*Результати канонічного аналізу між атрибутами сутності «Оброблення інформації» та компетенціями*

Компетенція/Сутність	$R, \chi^2, p$	ЗН, %	Обробка інформації
Технічна експертиза	0,59597	35,52	<b>0,51</b>
Концептуальне мислення (КМ)	97,190		<b>0,44</b>
Аналітичне мислення (АМ)	0,00001	26,61	<b>0,58</b>
Обробка інформації	0,59956	35,94	<b>0,55</b>
Орієнтація на результат			<b>0,47</b>
Контроль та якість роботи	98,449	21,97	0,40
Ініціатива	0,0000		0,44
Самоконтроль	0,17282	2,99	0,11
Вплив та переконання	6,7313	2,10	0,17
	0,03455		
Розвиток підлеглих	0,15494	2,4	0,11
Директивність	5,3821		0,15
Лідерство	0,14589	1,7	0,14
Діагностичне розуміння	0,06960	0,48	0,04
Орієнтація на клієнта	1,0782	0,13	-0,01
	0,58329		

Окремо представлений фрагмент результатів кореляційного аналізу безпосередньо між компетенціями (табл. 5).

Таблиця 5

*Результати кореляційного аналізу між компетенціями*

Компетенція	Серед.	Ст. відх.	Технічна експертиза	Обробка інформації	КМ	АМ	Орієнтація на результат	Контр. та якість роботи
Технічна експертиза	0,570	0,273	1,000	<b>0,617</b>	0,508	<b>0,760</b>	<b>0,743</b>	0,480
Обробка інформації	0,315	0,257	<b>0,617</b>	1,000	0,556	<b>0,704</b>	<b>0,594</b>	0,402
КМ	0,217	0,368	<b>0,508</b>	<b>0,556</b>	1,000	<b>0,665</b>	<b>0,561</b>	0,262
АМ	0,521	0,415	<b>0,760</b>	<b>0,704</b>	0,665	1,000	<b>0,732</b>	0,424
Орієнтація на результат	0,628	0,307	<b>0,743</b>	<b>0,594</b>	<b>0,561</b>	<b>0,732</b>	1,000	0,464
Контроль та якість роботи	0,384	0,174	0,480	0,402	0,262	0,424	0,464	1,000
Ініціатива	0,436	0,341	<b>0,759</b>	0,571	<b>0,549</b>	<b>0,728</b>	<b>0,716</b>	0,424
Самоконтроль	0,126	0,211	0,340	0,147	0,018	0,135	0,225	0,123
Розвиток підлеглих	0,072	0,260	0,312	0,174	0,111	0,257	0,267	0,312
Вплив та переконання	0,126	0,280	<b>0,507</b>	0,299	0,221	0,394	0,463	0,281
Директивність	0,120	0,277	0,435	0,275	0,185	0,353	0,421	0,446
Лідерство	0,064	0,159	0,371	0,258	0,229	0,380	0,369	0,419
Діагностичне розуміння	0,121	0,266	0,410	0,140	0,010	0,223	0,299	0,138
Орієнтація на клієнта	0,112	0,236	0,231	0,095	-0,043	0,135	0,231	0,032

**Висновки і пропозиції.** Отримані результати досліджень щодо взаємного впливу та його величини між сутностями моделі професійної діяльності можуть використовуватися як основа для розроблення правил експертних систем у межах побудови інтелектуальної інформаційної системи оцінювання професійної діяльності. Як мінімальний рівень кореляції між сутностями ми пропонуємо встановлювати величину коефіцієнта

кореляції, не нижче за 0,5 для використання цього значення під час побудови причинно-наслідкових правил для їх активації. Практично це означає активацію певної сутності після активації сутності, яка корелює з попередньою на рівні, не нижче за визначений. Наприклад, визначення певного рівня сутності «Оброблення інформації» автоматично активує правила, в яких фігурують факти (сутності) «Аналітичне мислення». «Вплив та переконання» у роботі з клієнтами будуть активувати певні рівні фактора (сутності) «Діагностичне розуміння».

Формалізація таких зв'язків і розроблення відповідних правил є науковим завданням наступних робіт у межах розроблення інформаційної експертної системи оцінювання професійної діяльності.

#### Список використаних джерел

1. Спенсер Л. Компетенции. Модели максимальной эффективности работы : пер. с англ. / Л. Спенсер. – М. : НРРО, 2005. – 384 с.
2. Уиддет С. Руководство по компетенциям : пер. с англ. / С. Уиддет, С. Холлифорд. – М. : ГИППО, 2008. – 228 с.
3. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами / М. Армстронг. – 8-е изд. ; пер. с англ. под редакцией С. К. Мордовина. – СПб. : Питер, 2004. – 832 с.
4. Д. Бергер, Л. Бургер. Энциклопедия систем мотивации и оплаты труда, 2-е изд.; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 780 с.
5. Иванова С. Оценка компетенций методом интервью. Универсальное руководство / С. Иванова. – М. : Альпина Паблишер, 2011. – 160 с.
6. Йеттер В. Эффективный отбор персонала. Метод структурированного интервью / В. Йеттер. – М. : Гуманитарный центр, 2011. – 358 с.
7. Адамов А. П. Об определении компетентности экспертов методом взаимооценки / А. П. Адамов, Ю. А. Гаджиев, А. Н. Соцкая // Автоматика и телемеханика. – 1989. – № 3. – С. 185–189.
8. Заріцький О. В. Дослідження взаємного впливу елементів структурної моделі професійної діяльності / О. В. Заріцький, В. В. Судік // Інженерія програмного забезпечення. – 2015. – № 2 (25). – С. 24–36.
9. Заріцький О. В. Структурний аналіз інформаційної моделі кваліфікаційного рівня, необхідного для виконання роботи / О. В. Заріцький, В. В. Судік // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Х. : ПП «Технологічний Центр», 2015. – № 5/2(77). – С. 14–19.
10. Заріцький О. В. Теоретичні основи формалізації моделей прийняття рішення в межах алгоритмізації оцінки професійної діяльності за допомогою інформаційних технологій / О. В. Заріцький // Проблеми інформатизації та управління. – 2015. – № 3 (51). – С. 51–55.
11. Заріцький О. В. Структурний аналіз інформаційної моделі комунікацій в рамках розробки інформаційної технології оцінки професійної діяльності / О. В. Заріцький // Вісник інженерної академії України. – 2015. – № 3. – С. 105–109.

**Заріцький Олег Володимирович** – кандидат технічних наук, докторант кафедри засобів захисту інформації, Національний авіаційний університет (просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна).

**Зарицкий Олег Владимирович** – кандидат технических наук, докторант кафедры средств защиты информации, Национальный авиационный университет (просп. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, 03058, Украина).

**Zaritskyi Oleg** – PhD in Technical Sciences, Doctoral of Information Defense Means Department, National Aviation University (1 Komarova Av., 03058 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** olegzaritskyi@gmail.com

*Сергій Іванець, Олексій Красножон*

**ПОШУК ОПТИМАЛЬНОЇ СТЕПЕНЕВОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ПОВЕРХНІ  
КЕРУВАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЇ  
ПОТУЖНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

*Сергей Иванец, Алексей Красножон*

**ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ СТЕПЕННОЙ АППРОКСИМАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ  
УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЙ  
МОЩНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

*Sergey Ivanets, Oleksii Krasnozhon*

**THE SEARCH FOR AN OPTIMAL DEGREE APPROXIMATION  
OF THE SURFACE CONTROL FOR MAXIMUM POWER POINT TRACKING  
SYSTEM OF PHOTOVOLTAIC CONVERTER**

*Зроблено аналіз апроксимуючих функцій для поверхні керування для систем відстеження точки максимальної потужності фотоелектричних перетворювачів. Запропоновано метод побудови таких систем, що ґрунтується на отриманні поверхні керування (шляхом інтерполяції та апроксимації) як функції двох змінних: густини потоку падаючого сонячного випромінювання та робочої температури фотоелектричного перетворювача. Обґрунтовано та проаналізовано вибір показника ступеня для полінома, що апроксимує інтерпольовані експериментальні дані. Здійснено оцінювання похибок для запропонованих поліномів та проведено порівняння апроксимації, яка розглядалась у попередній статті.*

**Ключові слова:** максимальна потужність, поверхня керування, інтерполяція експериментальних даних, апроксимаційний поліном, поправочна функція, відносна похибка, реперна точка, функція двох змінних, фотоелектричний перетворювач.

*Рис.: 6. Табл.: 2. Бібл.: 5.*

*Проведён анализ аппроксимирующих функций для поверхности управления для систем отслеживания точки максимальной мощности фотоэлектрических преобразователей. Предложен метод построения таких систем, который основывается на получении поверхности управления (путём интерполяции и аппроксимации) как функции двух переменных: плотности потока падающего солнечного излучения и рабочей температуры фотоэлектрического преобразователя. Обоснован и проанализирован выбор показателя степени для полинома, аппроксимирующего интерполированные экспериментальные данные. Приведена оценка погрешностей для предложенных полиномов. Проведено сравнение аппроксимации, рассмотренной в предыдущей статье.*

**Ключевые слова:** максимальная мощность, поверхность управления, интерполяция экспериментальных данных, аппроксимационный полином, поправочная функция, относительная погрешность, реперная точка, функция двух переменных, фотоэлектрический преобразователь.

*Рис.: 6. Табл.: 2. Библ.: 5.*

*The analysis functions for approximating the surface of the control systems for maximum power point tracking of photovoltaic. A method of creating such systems, which is based on receipt of a control surface (by interpolation and approximation) as a function of two variables: the flux density of incident solar radiation and the operating temperature of the photovoltaic. Grounded and analyzed for the selection of the exponent of the polynomial interpolation approximating experimental data. The estimation errors for the proposed polynomials. A comparison of the approximation discussed in the article, with the previously proposed.*

**Key words:** maximum power, control surface, interpolation of the experimental data, an approximation polynomial, correction function, the relative error, reference point, a function of two variables, photovoltaic.

*Fig.: 6. Tabl.: 2. Bibl.: 5.*

**Вступ.** У статтях [1; 2] було запропоновано підхід до побудови систем відстеження точки максимальної потужності фотоелектричних перетворювачів, який ґрунтується на математичному апараті нечіткої логіки із можливістю налаштування за допомогою штучних нейронних мереж або генетичних алгоритмів. У подальшому, з метою формування вибірки для «навчання» штучної нейронної мережі, було запропоновано отримати поверхню керування як функцію двох змінних – густини потоку падаючого сонячного випромінювання ( $S$ ) та робочої температури фотоелектричного перетворювача ( $t$ ).

Зокрема, у статті [2] для апроксимації цієї поверхні було запропоновано використовувати гіперболічну функцію. Причому повний збіг апроксимації та експериментальних даних було дотримано лише у двох точках – 300 та 1000 Вт/м<sup>2</sup>. Як показав подальший аналіз отриманих результатів, запропонована універсальна апроксимація дає

занадто велику похибку порівняно з експериментальними даними (так відносна похибка становить більше 20 %).

Із зазначеного вище випливає гостра необхідність пошуку та отримання більш точнішої апроксимації для поверхні керування. Тому, необхідно розглянути інші можливі варіанти таких апроксимацій.

**Аналіз наявних апроксимаційних функцій.** Як зазначено у статті [2], як апроксимацію було використано гіперболічну функцію виду:

$$Ra_i = \frac{K_i(S)}{S} | t_i, \quad (1)$$

де  $Ra_i$  – апроксимація залежності опору навантаження фотоелектричного перетворювача від значення змінної  $S$  при постійному значенні температури  $t_i$ ;

$K_i(S) | t_i$  – запропонована поправочна функція;

$i$  – номер побудованої кривої,  $i = 1, 2, \dots, 12$ .

У свою чергу, поправочна функція  $K_i(S) | t_i$  була представлена у вигляді:

$$K_i(S) | t_i = k \cdot S + c, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт нахилу прямої;

$c$  – вільний член, що визначає постійну складову.

Отримана в результаті зазначених математичних операцій універсальна апроксимація для поверхні керування не відповідає вимогам точності.

З іншого боку, інтерполяція експериментальних даних (табл. 1,  $a$  та 1,  $b$  у [2]) вказує на гіперболічний характер залежності опору навантаження фотоелектричного перетворювача від густини потоку падаючого сонячного випромінювання. Саме тому можна зробити припущення, що знаменник апроксимаційної функції не має бути постійною величиною. Отже, можна запропонувати гіперболічну функцію виду:

$$Ra_i = \frac{x_i}{S^{K_i(S)}} | t_i, \quad (3)$$

де  $K_i(S) | t_i$  – запропонована поправочна функція;

$x_i$  – деяка постійна величина;

$i$  – номер побудованої кривої.

У такому випадку поправочна функція  $K_i(S)$  є поліномом, який можна представити в загальному вигляді:

$$K_i(S) | t_i = \sum_{n=0}^m a_n \cdot S^n, \quad (4)$$

де  $a_n$  – коефіцієнт розкладу полінома;

$n$  – порядковий номер члена полінома,  $n = 1, 2, \dots, m$ ;

$m$  – максимальна ступінь полінома,  $0 < m < \infty$ .

Слід зауважити, що значення ступеня для поправочної функції має обов'язково відповідати вищезазначеним обмеженням, оскільки:

– при  $m = 0$  поліном виду (4) буде мати завжди постійне значення (деяке  $a_0$ ) при будь-яких значеннях густини  $S$ ;

– при  $m = \infty$  ступінь складності, а також час, витрачений на обчислення значень полінома виду (4), буде спрямований до нескінченості, що може порушити часові обмеження на час пошуку точки максимальної потужності.



**Мета статті.** Враховуючи все вищезазначене, можна запропонувати такий вид (3) апроксимаційної функції для пошуку аналітичного опису поверхні керування для системи відстеження точки максимальної потужності фотоелектричного перетворювача, який би забезпечував значно меншу величину відносної похибки (на рівні 1–3 %) обчислення оптимального значення опору навантаження фотоелектричного перетворювача.

Отже, метою цієї статті є спроба оцінити величину відносної похибки для запропонованої вище апроксимації поверхні керування, порівняти її з результатами, отриманими в [2], а також провести пошук найбільш оптимального значення  $m$  для ступеня полінома знаменника поправочної функції. Як інструментальний набір для виконання поставлених цілей буде використовуватися оболонка Simulink програмного пакета MATLAB, а також математичний пакет Mathcad.

**Виклад основного матеріалу.** Під час викладення матеріалу статті вихідні дані, а також усі прийняті домовленості та обмеження повністю відповідатимуть аналогічним, розглянутим у [2].

Почнемо дослідження з того, що покладемо значення  $m$  рівним 1, тобто представимо поправочну функцію у вигляді:

$$K_i(S) | t_i = a_1 \cdot S + a_0. \quad (5)$$

У такому разі апроксимаційна функція для деякого значення робочої температури фотоелектричного перетворювача буде набувати вигляду:

$$Ra_i = \frac{x_i}{S^{a_1 S + a_0}} | t_i. \quad (6)$$

Таким чином, поправочну функцію для кожної з дванадцяти експериментальних кривих, будемо апроксимувати за допомогою лінійної функції виду (5). Для обрахування значень коефіцієнтів  $a_1$  і  $a_0$  цієї прямої необхідно обрати 2 точки. Очевидно, що вибір координат цих точок буде істотно впливати на параметри режиму функціонування фотоелектричного перетворювача. Враховуючи, що використання фотоелектричних перетворювачів при значеннях густини потоку сонячного випромінювання менше за  $300 \text{ Вт/м}^2$  не є доцільним і може призвести до нестабільної роботи, а значення густини потоку, більші за  $1000 \text{ Вт/м}^2$ , можуть траплятись лише в умовах пустелі [3], будемо обчислювати значення коефіцієнтів залежності (5) у точках, де значення густини падаючого потоку сонячного випромінювання становить  $S_1 = 400 \text{ Вт/м}^2$  та  $S_2 = 800 \text{ Вт/м}^2$ .

Значення постійної величини  $x_i$ , що є чисельником у залежностях (3), (6), підбирається у точці  $S_2$ . Тобто у цьому випадку значення полінома степені знаменника залежності (6) шгучно робиться рівним 1. Підбір необхідного значення  $x_i$  виконується вручну, процес підбору закінчується тоді, коли значення апроксимаційної функції повністю збігається (відносна похибка рівна 0) з інтерпольованою кривою залежності  $R_i = f(S) | t_i$ . Отримане таким способом значення  $x_i$  приймається надалі незмінним. Слід зауважити, що величина  $x_i$  не є константою і залежить від значення робочої температури фотоелектричного перетворювача. Фактично, це означає, що для отримання універсальної апроксимації поверхні керування слід буде також виконати апроксимацію залежності  $x_i(t)$ .

Після цього виконується перехід до точки  $S_1$ . Для незмінного за величиною чисельника виконується підбір необхідного значення степеневого полінома знаменника. Після перекладу складеного рівняння на мову Mathcad, отримуємо наступний вираз для підбору значення показника  $y$ :

$$400^y = \frac{x_i}{R_i(400)}; 400^y - \frac{3128}{8,02} \text{ solve, } y \rightarrow 0,99578502599445519618. \quad (7)$$

Значення  $x_i$ ,  $R_i$  та  $y$ , які використовуються у (7), були обчислені для значення робочої температури фотоелектричного перетворювача, рівного  $-30$  °С. Бачимо, що показник степеня є числом, дуже близьким до 1. Забігаючи наперед, можна зазначити, що така тенденція зберігається і при будь-якому іншому допустимому значенні з діапазону робочих температур.

Очевидно, що тепер ми маємо все необхідне аби обчислити значення двох невідомих коефіцієнтів розкладу полінома (5). Одним із простих шляхів вирішення цієї задачі є складання системи рівнянь виду:

$$\begin{cases} a_1 \cdot 400 + a_0 = y; \\ a_1 \cdot 800 + a_0 = 1. \end{cases} \quad (8)$$

Хоча найпростішим методом вирішення системи рівнянь (8) є підстановка, ми будемо використовувати метод Крамера. Вибір саме цього методу був зумовлений необхідністю автоматизації та уніфікації процесу розрахунків, оскільки очевидно, що значення ступеня полінома (5) в точності дорівнює кількості рівнянь системи. Тобто розв'язання методом підстановки системи, що складається, наприклад, з п'яти рівнянь, вже не є швидким та простим. Крім того, розрахунок систем рівнянь методом Крамера є одним із вбудованих інструментів пакета Mathcad. У результаті розв'язання системи була отримана наступна апроксимація (відповідає робочій температурі  $-30$  °С):

$$Ra_1 = \frac{3128}{S^{1.052510^{-5} \cdot S + 0.99517}} | t_1. \quad (9)$$

Після виконання зазначених вище дій були отримані апроксимації для всіх функцій виду (6). Для більшої наочності нижче на рис. 1 попарно зображено інтерпольовану криву  $R_i(S)$  та отриману апроксимацію  $Ra_i(S)$  виду (9).

Для перевірки якості отриманих апроксимацій, обраховуватимемо відносну похибку між відповідною інтерполяцією та побудованою апроксимацією за формулою:

$$\varepsilon = \frac{|R_i(S) - Ra_i(S)|}{R_i(S)} \cdot 100 \%. \quad (10)$$

Таке обчислення похибок виконувалося для кожного з 12 значень температури (для більшої наочності на рис. 2 зображено графік відносної похибки між кривими, які містяться на рис. 1). Результати обчислень показали, що в діапазоні доцільного функціонування фотоелектричного перетворювача, відносна похибка апроксимації за модулем не перевищує 1,8 % за будь-яких значень робочої температури, що свідчить про високу точність отримання апроксимації (а у контрольних точках 400 та 800 Вт/м<sup>2</sup> відносна похибка взагалі нульова).

«Параболічний» вигляд графіка, зображеного на рис. 2, між реперними значеннями густини потоку падаючого сонячного випромінювання пояснюється великою різницею між кроком отримання експериментальних даних і заданим кроком для апроксимування та інтерполювання засобів пакета Mathcad. Отже, треба опиратися на значення похибок лише у реперних точках.

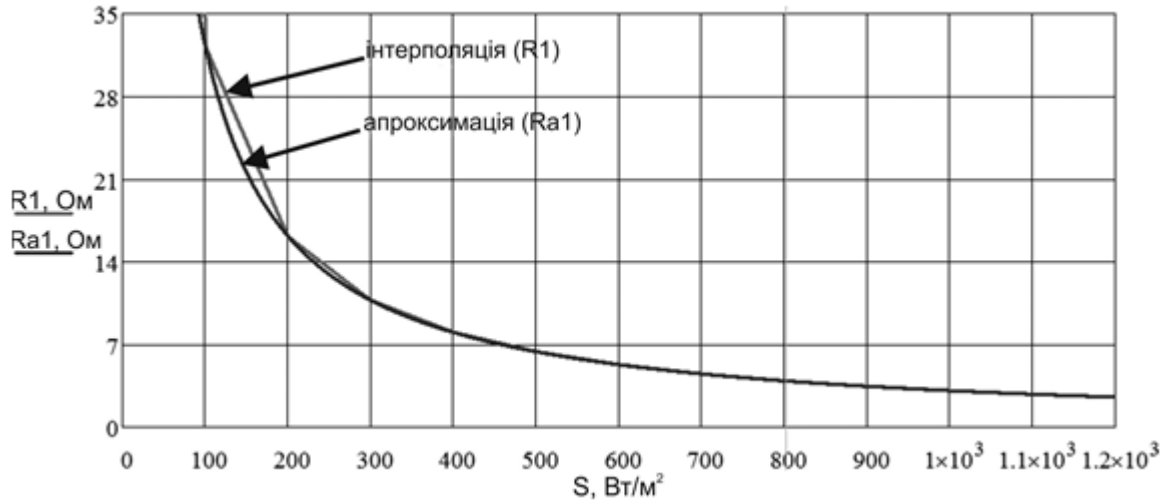


Рис. 1. Інтерполяція та отримана апроксимація залежності виду (10)

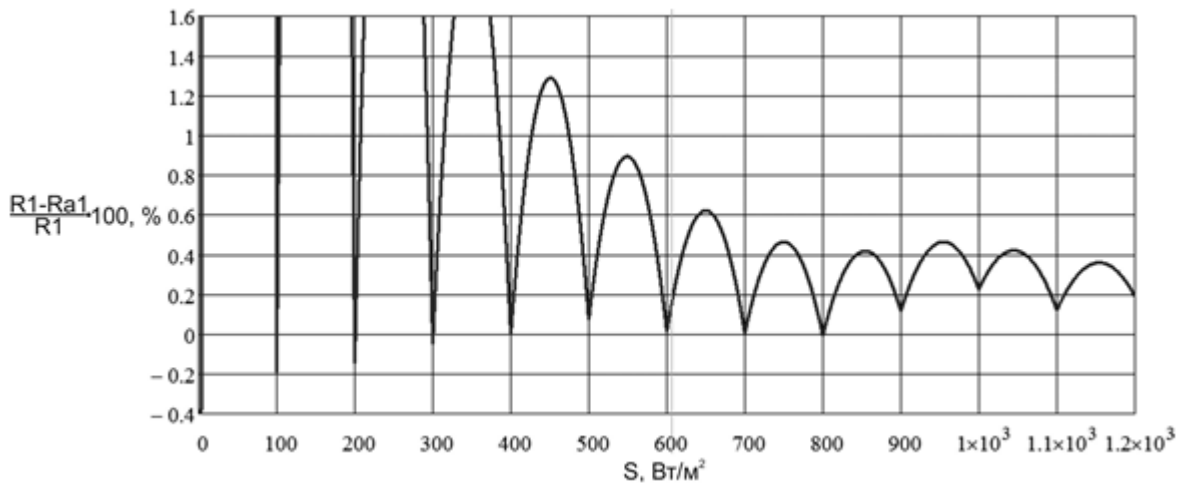


Рис. 2. Відносна похибка між інтерпольованою кривою та апроксимацією залежності виду (10)

Після виконання всіх наведених кроків було отримано апроксимації для дванадцяти залежностей виду (6). Кожна з апроксимуючих функцій має схожі значення коефіцієнтів  $a_1$ ,  $a_0$  та  $x_i$ , тому проведемо апроксимацію для кожного з цих параметрів окремо. Таким чином, ми отримаємо шукану поверхню керування, оскільки тоді параметр робочої температури перестане бути сталою величиною. Значення отриманих коефіцієнтів поправочних функцій наведено нижче в табл. 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти одержаних апроксимуючих функцій виду (6)

Робоча температура, °С	Значення коефіцієнтів апроксимуючих функцій		
	$x$	$a_1$	$a_0$
-30	3128	$1,0525 \cdot 10^{-5}$	0,99157
-20	3212	$1,3050 \cdot 10^{-5}$	0,98956
-10	3292	$1,5425 \cdot 10^{-5}$	0,98766
0	3356	$1,9200 \cdot 10^{-5}$	0,98464
10	3412	$2,3075 \cdot 10^{-5}$	0,98514
20	3456	$2,7575 \cdot 10^{-5}$	0,97795
30	3492	$3,1950 \cdot 10^{-5}$	0,97443
40	3512	$3,7900 \cdot 10^{-5}$	0,96967
50	3516	$4,4325 \cdot 10^{-5}$	0,96455
60	3508	$5,1625 \cdot 10^{-5}$	0,95870
70	3492	$5,8550 \cdot 10^{-5}$	0,95316
80	3456	$6,6600 \cdot 10^{-5}$	0,94673

З аналізу значень, що набувають коефіцієнти, видно, що їх залежність від температури не є лінійною. Тому для апроксимації їх залежностей будемо використовувати нелінійні поліноми (причому невисоких порядків). Для вирішення такої задачі скористаємося функцією `polyfit()`, що входить до складу програмного пакета MATLAB [4; 5]. Перевагою її використання є можливість налаштування ступеня полінома апроксимації.

Після виконання експериментів було встановлено, що найбільш оптимально й точно залежність коефіцієнта  $x$  від температури можна апроксимувати поліномом виду:

$$xa(t) = -9.1168 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 - 0.0538 \cdot t^2 + 6.1233 \cdot t + 3356.9. \quad (11)$$

Для перевірки якості отриманої апроксимації, обрахуємо відносну похибку між відповідною інтерполяцією та побудованою апроксимацією за формулою:

$$\varepsilon = \frac{|x(t) - xa(t)|}{x(t)} \cdot 100\%. \quad (12)$$

На рис. 3 зображено графік відносної похибки для інтерпольованої та отриманої апроксимованої кривої ( $x(t)$  та  $xa(t)$  відповідно), з якого видно, що в усьому діапазоні допустимих робочих температур фотоелектричного перетворювача відносна похибка апроксимації за модулем не перевищує 0,09 %.

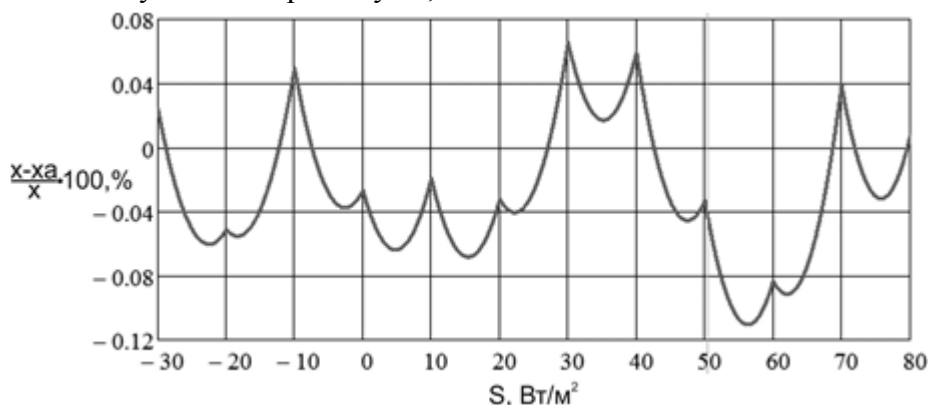


Рис. 3. Відносна похибка між інтерполяцією та апроксимацією залежності  $x(t)$

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_1(t)$  має вигляд:

$$a_1a(t) = 1,7288 \cdot 10^{-12} \cdot t^3 + 2,7858 \cdot 10^{-9} \cdot t^2 + 3,6226 \cdot 10^{-7} \cdot t + 1,9018 \cdot 10^{-5}. \quad (13)$$

Для перевірки якості отриманої апроксимації обрахуємо відносну похибку між відповідною інтерполяцією та побудованою апроксимацією за формулою:

$$\varepsilon = \frac{|a_1(t) - a_1a(t)|}{a_1(t)} \cdot 100\%. \quad (14)$$

На рис. 4 зображено графік відносної похибки для інтерпольованої та отриманої апроксимованої кривої ( $a_1(t)$  та  $a_1a(t)$  відповідно), з якого видно, що в усьому діапазоні допустимих робочих температур фотоелектричного перетворювача відносна похибка апроксимації за модулем не перевищує 1,6 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_0(t)$  має вигляд:

$$a_0a(t) = -2,5943 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 2,7593 \cdot 10^{-4} \cdot t + 0,9852. \quad (15)$$

Для перевірки якості отриманої апроксимації обрахуємо відносну похибку між відповідною інтерполяцією та побудованою апроксимацією за формулою:

$$\varepsilon = \frac{|a_0(t) - a_0a(t)|}{a_0(t)} \cdot 100\%. \quad (16)$$

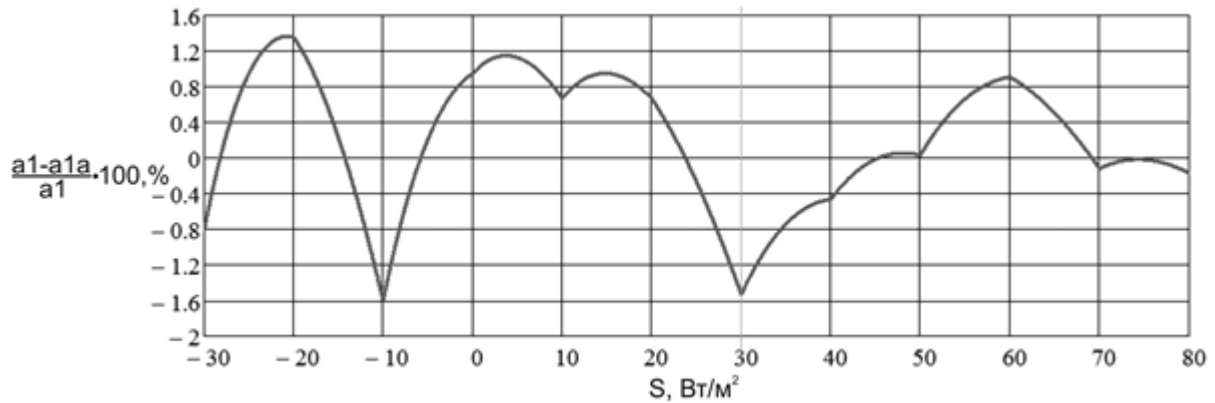


Рис. 4. Відносна похибка між інтерполяцією та апроксимацією залежності  $a_1(t)$

На рис. 5 зображено графік відносної похибки для інтерпольованої та отриманої апроксимованої кривої ( $a_0(t)$  та  $a_0a(t)$  відповідно), з якого видно, що в усьому діапазоні допустимих робочих температур фотоелектричного перетворювача відносна похибка апроксимації за модулем не перевищує 0,071 %.

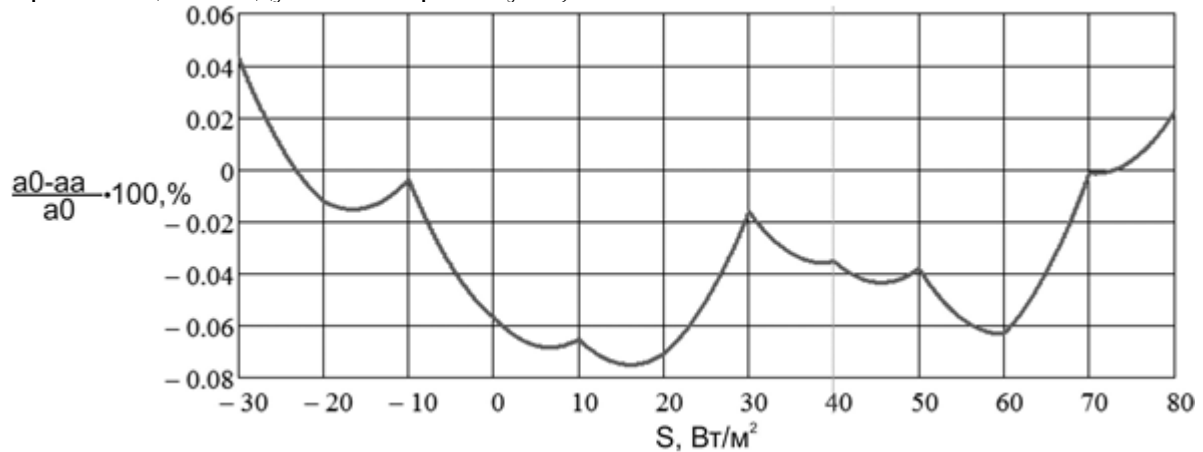


Рис. 5. Відносна похибка між інтерполяцією та апроксимацією залежності  $a_0(t)$

Тепер можна повернутися до початкової задачі – отримання аналітичного виразу для поверхні керування, бо на цей момент ми вже маємо всі необхідні співвідношення та апроксимаційні поліноми. Остаточний вираз буде мати вигляд:

$$R(S, t) = Ra(S, t) = \frac{xa(t)}{S^{a_1a(t) \cdot S + a_0a(t)}}. \tag{17}$$

Отже, в результаті послідовного виконання всіх описаних кроків аналітично була одержана поверхня регулювання як функція двох змінних, загальний вигляд якої представлено нижче на рис. 6. Візуалізація отриманої поверхні здійснювалася за допомогою пакета MATLAB (функція surf()).

Покладемо значення  $m$  рівним 2, тобто поправочна функція має вигляд:

$$K_i(S) | t_i = a_2 \cdot S^2 + a_1 \cdot S + a_0. \tag{18}$$

Тоді апроксимаційна функція набуде вигляду:

$$Ra_i = \frac{x_i}{S^{a_2 \cdot S^2 + a_1 \cdot S + a_0}} | t_i. \tag{19}$$

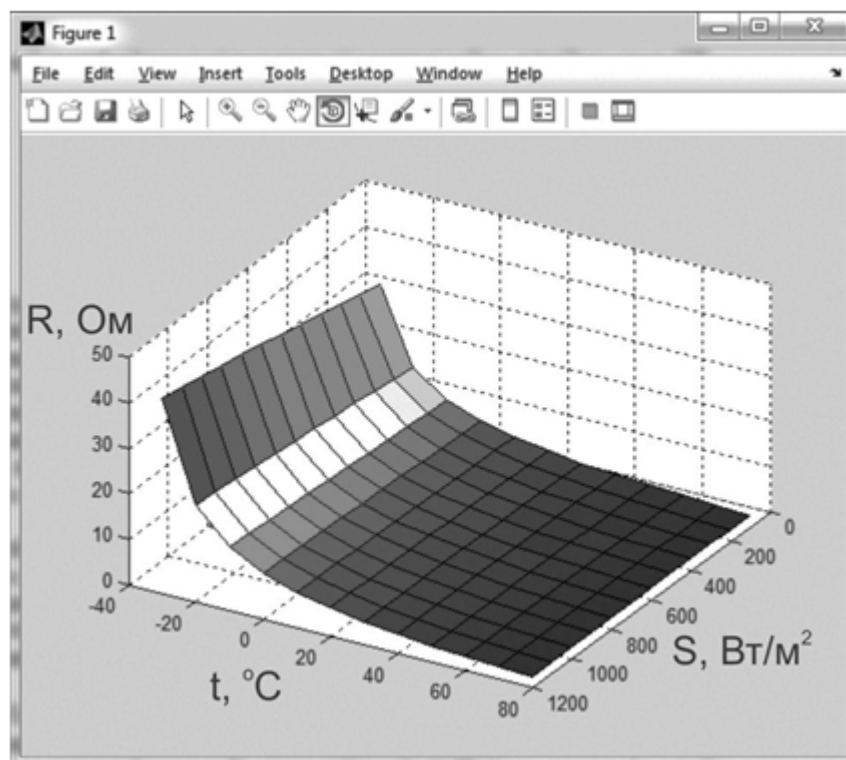


Рис. 6. Загальний вигляд одержаної регулюючої поверхні згідно зі співвідношенням (17)

Тепер поправочну функцію для кожної з експериментальних кривих будемо апроксимувати за допомогою функції виду (18). Для обрахування значень коефіцієнтів  $a_2$ ,  $a_1$  і  $a_0$  оберемо 3 точки. Будемо обчислювати значення коефіцієнтів залежності у точках, де значення густини потоку сонячного випромінювання становить  $S_1 = 200 \text{ Вт/м}^2$ ,  $S_2 = 600 \text{ Вт/м}^2$  та  $S_3 = 1000 \text{ Вт/м}^2$ . Точка  $S_1$  знаходиться за межами діапазону доцільного використання, але її значення обиралося з міркувань забезпечення рівномірності проміжку отримання коефіцієнтів розкладу полінома виду (18).

Значення постійної величини  $x_i$  підбирається у точці  $S_3$ . При цьому значення полінома степені знаменника залежності (19) рівний 1. Після цього виконується перехід до точок  $S_1$  та  $S_2$ . Для незмінного чисельника підбираються значення полінома степені знаменника, для цього складаються вирази виду:

$$200^{y_1} = \frac{x_i}{R_i(200)}, 600^{y_2} = \frac{x_i}{R_i(600)}. \quad (20)$$

Після того, як будуть підбрані показники степеня  $y_1$  та  $y_2$ , обчислимо значення невідомих коефіцієнтів розкладу полінома (18), для чого складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} a_2 \cdot 200^2 + a_1 \cdot 200 + a_0 = y_1; \\ a_2 \cdot 600^2 + a_1 \cdot 600 + a_0 = y_2; \\ a_2 \cdot 1000^2 + a_1 \cdot 1000 + a_0 = 1. \end{cases} \quad (21)$$

Після розв'язання системи (21) методом Крамера отримали наступну апроксимаційну функцію (відповідає робочій температурі  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ ):

$$Ra_1 = \frac{3090}{S^{-8,53516 \cdot 10^{-10} \cdot S^2 + 1,1478310^{-5} \cdot S + 0,98938}} | t_1. \quad (22)$$

Після виконання зазначених дій отримали апроксимації для всіх функцій виду (20).

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Обчислення відносної похибки для апроксимації за формулою (10) показали, що в діапазоні доцільного функціонування фотоелектричного перетворювача вона за модулем не перевищує 0,8 % за будь-яких значень робочої температури, що свідчить про високу точність отримання апроксимації.

Після виконання всіх кроків була отримана апроксимація для сімейства залежностей виду (19). Кожна з апроксимуючих функцій має схожі значення коефіцієнтів  $a_2$ ,  $a_1$ ,  $a_0$  та  $x_i$ , тому проведемо апроксимацію для кожного з цих параметрів окремо. Значення отриманих коефіцієнтів поправочних функцій наведено нижче в табл. 2.

Таблиця 2

*Коефіцієнти одержаних апроксимуючих функцій виду (20)*

Робоча температура, °C	Значення коефіцієнтів апроксимуючих функцій			
	$x$	$a_2$	$a_1$	$a_0$
-30	3090	$-8,53516 \cdot 10^{-10}$	$1,14783 \cdot 10^{-5}$	0,98938
-20	3160	$-2,44813 \cdot 10^{-9}$	$1,65721 \cdot 10^{-5}$	0,98587
-10	3220	$-3,24547 \cdot 10^{-9}$	$2,11270 \cdot 10^{-5}$	0,98212
0	3270	$-3,64719 \cdot 10^{-9}$	$2,54152 \cdot 10^{-5}$	0,97823
10	3310	$-6,13945 \cdot 10^{-9}$	$3,27513 \cdot 10^{-5}$	0,97339
20	3335	$-8,70531 \cdot 10^{-9}$	$4,08684 \cdot 10^{-5}$	0,96784
30	3345	$-8,51062 \cdot 10^{-9}$	$4,62175 \cdot 10^{-5}$	0,96230
40	3345	$-1,24567 \cdot 10^{-8}$	$5,70198 \cdot 10^{-5}$	0,95544
50	3325	$-1,38242 \cdot 10^{-8}$	$6,56737 \cdot 10^{-5}$	0,94815
60	3295	$-1,79177 \cdot 10^{-8}$	$7,79671 \cdot 10^{-5}$	0,93995
70	3245	$-2,03546 \cdot 10^{-8}$	$8,94072 \cdot 10^{-5}$	0,93095
80	3205	$-2,75419 \cdot 10^{-8}$	$1,10000 \cdot 10^{-4}$	0,92210

Після проведення експериментів встановлено, що найбільш оптимально і точно залежність коефіцієнта  $x$  від температури можна апроксимувати поліномом виду:

$$xa(t) = -1,8778 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 - 0,0636 \cdot t^2 + 4,2868 \cdot t + 3272,5. \quad (23)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою (12) показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 0,3 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_2(t)$  має вигляд:

$$a_2a(t) = -1,7835 \cdot 10^{-12} \cdot t^2 - 1,3008 \cdot 10^{-10} \cdot t - 3,9783 \cdot 10^{-9}. \quad (24)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою, аналогічною (14), показали, що майже в усьому діапазоні робочих температур вона за модулем знаходиться в межах 16 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_1(t)$  має вигляд:

$$a_1a(t) = 2,3404 \cdot 10^{-14} \cdot t^5 - 2,1552 \cdot 10^{-12} \cdot t^4 + 2,4443 \cdot 10^{-11} \cdot t^3 + 5,9235 \cdot 10^{-9} \cdot t^2 + 5,6526 \cdot 10^{-7} \cdot t + 2,6092 \cdot 10^{-5}. \quad (25)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою (14) показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 3,56 %.

Нарешті, апроксимаційний поліном для залежності  $a_0(t)$  має вигляд:

$$a_0a(t) = 2,154 \cdot 10^{-12} \cdot t^5 - 1,1144 \cdot 10^{-10} \cdot t^4 - 1,5448 \cdot 10^{-8} \cdot t^3 - 2,3929 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 4,4037 \cdot 10^{-4} \cdot t + 0,978. \quad (26)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою (16) показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 0,027 %.

Отже, остаточний аналітичний вираз для поверхні керування має вигляд:

$$R(S, t) = Ra(S, t) = \frac{xa(t)}{S^{a_2 a(t) \cdot S^2 + a_1 a(t) \cdot S + a_0 a(t)}}. \quad (27)$$

Покладемо значення  $m$  рівним 3, тобто поправочна функція буде мати вигляд:

$$K_i(S) | t_i = a_3 \cdot S^3 + a_2 \cdot S^2 + a_1 \cdot S + a_0. \quad (28)$$

Тоді апроксимаційна функція набуде вигляду:

$$Ra_i = \frac{x_i}{S^{a_3 \cdot S^3 + a_2 \cdot S^2 + a_1 \cdot S + a_0}} | t_i. \quad (29)$$

Тепер поправочну функцію для кожної з експериментальних кривих будемо апроксимувати за допомогою функції виду (28). Для обрахування значень коефіцієнтів  $a_3$ ,  $a_2$ ,  $a_1$  і  $a_0$  цієї прямої оберемо 4 точки. Будемо обчислювати значення коефіцієнтів залежності у точках, де значення густини потоку сонячного випромінювання становить  $S_1 = 200 \text{ Вт/м}^2$ ,  $S_2 = 500 \text{ Вт/м}^2$ ,  $S_3 = 800 \text{ Вт/м}^2$  та  $S_4 = 1100 \text{ Вт/м}^2$ . Точки  $S_1$  та  $S_4$  також обиралися з метою забезпечення рівномірності проміжку отримання коефіцієнтів розкладу полінома (28).

Значення постійної величини  $x_i$  підбирається у точці  $S_4$ . При цьому, значення поліному степені знаменника залежності (29) рівний 1. Після цього виконується перехід до точок  $S_1$ ,  $S_2$  та  $S_3$ . Для незмінного чисельника підбираються значення поліному степені знаменника, для цього складаються вирази виду:

$$200^{y1} = \frac{x_i}{R_i(200)}, 500^{y2} = \frac{x_i}{R_i(500)}, 800^{y3} = \frac{x_i}{R_i(800)}. \quad (30)$$

Після того, як будуть підібрані показники степеня  $y1$ ,  $y2$  та  $y3$ , обчислимо значення невідомих коефіцієнтів розкладу полінома (28), для чого складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} a_3 \cdot 200^3 + a_2 \cdot 200^2 + a_1 \cdot 200 + a_0 = y1; \\ a_3 \cdot 500^3 + a_2 \cdot 500^2 + a_1 \cdot 500 + a_0 = y2; \\ a_3 \cdot 800^3 + a_2 \cdot 800^2 + a_1 \cdot 800 + a_0 = y3; \\ a_3 \cdot 1100^3 + a_2 \cdot 1100^2 + a_1 \cdot 1100 + a_0 = 1. \end{cases} \quad (31)$$

Після розв'язання системи (31) методом Крамера отримали наступну апроксимаційну функцію (відповідає робочій температурі  $-30^\circ\text{C}$ ):

$$Ra_1 = \frac{3063.5}{S^{-3,5258 \cdot 10^{-12} \cdot S^3 + 6,22284 \cdot 10^{-9} \cdot S^2 + 8,19195 \cdot 10^{-6} \cdot S + 0,98815}} | t_1. \quad (32)$$

Після виконання зазначених дій отримано апроксимації для всіх функцій виду (29).

Обчислення відносної похибки для апроксимації за формулою (10) показали, що в діапазоні доцільного функціонування фотоелектричного перетворювача, вона за модулем не перевищує 0,2 % за будь-яких значень робочої температури, що свідчить про високу точність отримання апроксимації.

Після виконання всіх кроків була отримана апроксимація для сімейства залежностей виду (29). Кожна з апроксимуючих функцій має схожі значення коефіцієнтів  $a_3$ ,  $a_2$ ,  $a_1$ ,  $a_0$  та  $x_i$ , тому проведемо апроксимацію для кожного з цих параметрів окремо.

Після проведення експериментів встановлено, що найбільш оптимально й точно залежність коефіцієнта  $x$  від температури можна апроксимувати поліномом виду:



$$xa(t) = 7,9327 \cdot 10^{-8} \cdot t^5 - 3,8061 \cdot 10^{-6} \cdot t^4 - 2,5681 \cdot 10^{-4} \cdot t^3 - 0,0609 \cdot t^2 + 3,7076 \cdot t + 3227,4. \quad (33)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою (12) показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 0,1 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_3(t)$  має вигляд:

$$a_3a(t) = -4,8583 \cdot 10^{-20} \cdot t^5 + 2,8889 \cdot 10^{-18} \cdot t^4 + 1,2301 \cdot 10^{-16} \cdot t^3 - 6,6037 \cdot 10^{-15} \cdot t^2 + 1,7121 \cdot 10^{-13} \cdot t + 7,649 \cdot 10^{-12}. \quad (34)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою, аналогічною (14), показали, що майже в усьому діапазоні робочих температур вона за модулем знаходиться в межах 20 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_2(t)$  має вигляд:

$$a_2a(t) = 3,1564 \cdot 10^{-17} \cdot t^5 - 3,2967 \cdot 10^{-16} \cdot t^4 - 2,4047 \cdot 10^{-13} \cdot t^3 + 5,8962 \cdot 10^{-12} \cdot t^2 - 4,5488 \cdot 10^{-10} \cdot t - 1,8459 \cdot 10^{-8}. \quad (35)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою, аналогічною (14), показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 8,9 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_1(t)$  має вигляд:

$$a_1a(t) = -2,4685 \cdot 10^{-12} \cdot t^4 + 2,3012 \cdot 10^{-10} \cdot t^3 + 2,4257 \cdot 10^{-9} \cdot t^2 + 6,9123 \cdot 10^{-7} \cdot t + 3,4521 \cdot 10^{-5}. \quad (36)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою (14) показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 5,4 %.

Нарешті, апроксимаційний поліном для залежності  $a_0(t)$  має вигляд:

$$a_0a(t) = 6,8354 \cdot 10^{-12} \cdot t^5 - 2,4206 \cdot 10^{-10} \cdot t^4 - 3,4893 \cdot 10^{-8} \cdot t^3 - 2,2734 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 5,0747 \cdot 10^{-4} \cdot t + 0,9743. \quad (37)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою (16) показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 0,046 %.

Отже, остаточний аналітичний вираз для поверхні керування має вигляд:

$$R(S, t) = Ra(S, t) = \frac{xa(t)}{S^{a_3a(t) \cdot S^3 + a_2a(t) \cdot S^2 + a_1a(t) \cdot S + a_0a(t)}}. \quad (38)$$

Насамкінець, покладемо значення  $m$  рівним 4, тобто поправочна функція має вид:

$$K_i(S) | t_i = a_4 \cdot S^4 + a_3 \cdot S^3 + a_2 \cdot S^2 + a_1 \cdot S + a_0. \quad (39)$$

Тоді апроксимаційна функція буде мати вигляд:

$$Ra_i = \frac{x_i}{S^{a_4 \cdot S^4 + a_3 \cdot S^3 + a_2 \cdot S^2 + a_1 \cdot S + a_0}} | t_i. \quad (40)$$

Тепер поправочну функцію для кожної з експериментальних кривих будемо апроксимувати за допомогою функції виду (39). Для обрахування значень коефіцієнтів  $a_4$ ,  $a_3$ ,  $a_2$ ,  $a_1$  і  $a_0$  цієї прямої оберемо 5 точок. Будемо обчислювати значення коефіцієнтів залежності у точках, де значення густини потоку сонячного випромінювання становить  $S_1 = 200 \text{ Вт/м}^2$ ,  $S_2 = 400 \text{ Вт/м}^2$ ,  $S_3 = 600 \text{ Вт/м}^2$ ,  $S_4 = 800 \text{ Вт/м}^2$  та  $S_5 = 1000 \text{ Вт/м}^2$ .

Значення постійної величини  $x_i$  підбирається у точці  $S_5$ . При цьому значення полінома степені знаменника залежності (40) рівний 1. Після цього виконується перехід до точок  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  та  $S_4$ . Для незмінного чисельника підбираються значення полінома степені знаменника, для цього складаються вирази виду:

$$200^{y_1} = \frac{x_i}{R_i(200)}, 400^{y_2} = \frac{x_i}{R_i(400)}, 600^{y_3} = \frac{x_i}{R_i(600)}, 800^{y_4} = \frac{x_i}{R_i(800)}. \quad (41)$$

Після того, як будуть підібрані показники степеня  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  та  $y_4$ , обчислимо значення невідомих коефіцієнтів розкладу полінома (39), для чого складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} a_4 \cdot 200^4 + a_3 \cdot 200^3 + a_2 \cdot 200^2 + a_1 \cdot 200 + a_0 = y_1; \\ a_4 \cdot 400^4 + a_3 \cdot 400^3 + a_2 \cdot 400^2 + a_1 \cdot 400 + a_0 = y_2; \\ a_4 \cdot 600^4 + a_3 \cdot 600^3 + a_2 \cdot 600^2 + a_1 \cdot 600 + a_0 = y_3; \\ a_4 \cdot 800^4 + a_3 \cdot 800^3 + a_2 \cdot 800^2 + a_1 \cdot 800 + a_0 = y_4; \\ a_4 \cdot 1000^4 + a_3 \cdot 1000^3 + a_2 \cdot 1000^2 + a_1 \cdot 1000 + a_0 = 1. \end{cases} \quad (42)$$

Після розв'язання системи (42) методом Крамера отримали наступну апроксимаційну функцію (відповідає робочій температурі  $-30^\circ\text{C}$ ):

$$Ra_1 = \frac{3090}{S^{-8,1057810^{-15}} \cdot S^4 + 1,4473510^{-11} \cdot S^3 - 8,1368510^{-9} \cdot S^2 + 1,24017 \cdot 10^{-5} \cdot S + 0,98937} | t_1. \quad (43)$$

Після виконання зазначених дій отримано апроксимації для всіх функцій виду (40).

Обчислення відносної похибки для апроксимації за формулою (10) показали, що в діапазоні доцільного функціонування фотоелектричного перетворювача, вона за модулем не перевищує 0,2 % за будь-яких значень робочої температури, що свідчить про високу точність отримання апроксимації.

Після виконання всіх кроків була отримана апроксимація для сімейства залежностей виду (40). Кожна з апроксимуючих функцій має схожі значення коефіцієнтів  $a_4$ ,  $a_3$ ,  $a_2$ ,  $a_1$ ,  $a_0$  та  $x_i$ , тому проведемо апроксимацію для кожного з цих параметрів окремо.

Після проведення експериментів встановлено, що найбільш оптимально й точно залежність коефіцієнта  $x$  від температури можна апроксимувати поліномом виду:

$$xa(t) = -1,8778 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 - 0,0636 \cdot t^2 + 4,2868 \cdot t + 3272,5. \quad (44)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою (12) показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 0,3 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_4(t)$  має вигляд:

$$\begin{aligned} a_4a(t) = & -8,5364 \cdot 10^{-23} \cdot t^5 + 5,8647 \cdot 10^{-21} \cdot t^4 + 3,5618 \cdot 10^{-19} \cdot t^3 - \\ & - 3,0432 \cdot 10^{-17} \cdot t^2 - 5,0893 \cdot 10^{-16} \cdot t + 8,3748 \cdot 10^{-15}. \end{aligned} \quad (45)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою, аналогічною (14), показали, що майже в усьому діапазоні робочих температур вона за модулем знаходиться в межах 40 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_3(t)$  має вигляд:

$$\begin{aligned} a_3a(t) = & 1,0822 \cdot 10^{-17} \cdot t^4 - 1,2872 \cdot 10^{-15} \cdot t^3 + 4,4853 \cdot 10^{-14} \cdot t^2 + \\ & + 1,9888 \cdot 10^{-12} \cdot t - 9,1518 \cdot 10^{-12}. \end{aligned} \quad (46)$$

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою, аналогічною (14), показали, що майже в усьому діапазоні робочих температур вона за модулем знаходиться в межах 40 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_2(t)$  має вигляд:

$$a_2 a(t) = -8,7433 \cdot 10^{-15} \cdot t^4 + 1,0281 \cdot 10^{-12} \cdot t^3 - 3,6326 \cdot 10^{-11} \cdot t^2 - 2,0834 \cdot 10^{-9} \cdot t - 3,7412 \cdot 10^{-9}. \quad (47)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою, аналогічною (14), показали, що майже в усьому діапазоні робочих температур вона за модулем знаходиться в межах 60 %.

Апроксимаційний поліном для залежності  $a_1(t)$  має вигляд:

$$a_1 a(t) = 2,4014 \cdot 10^{-15} \cdot t^6 - 2,8752 \cdot 10^{-13} \cdot t^5 + 6,5449 \cdot 10^{-12} \cdot t^4 + 1,2689 \cdot 10^{-10} \cdot t^3 + 7,6302 \cdot 10^{-9} \cdot t^2 + 1,1492 \cdot 10^{-6} \cdot t + 2,993 \cdot 10^{-5}. \quad (48)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою (14) показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 25 %.

Нарешті, апроксимаційний поліном для залежності  $a_0(t)$  має вигляд:

$$a_0 a(t) = -1,1946 \cdot 10^{-10} \cdot t^4 + 1,3557 \cdot 10^{-8} \cdot t^3 - 3,9054 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 5,2171 \cdot 10^{-4} \cdot t + 0,9777. \quad (49)$$

Обчислення відносної похибки для отриманої апроксимації за формулою (16) показали, що в діапазоні робочих температур вона за модулем не перевищує 0,18 %.

Отже, остаточний аналітичний вираз для поверхні керування має вигляд:

$$R(S, t) = Ra(S, t) = \frac{xa(t)}{S^{a_4 a(t) \cdot S^4 + a_3 a(t) \cdot S^3 + a_2 a(t) \cdot S^2 + a_1 a(t) \cdot S + a_0 a(t)}}. \quad (50)$$

**Висновки.** У статті запропоновано та описано послідовність кроків, в результаті виконання яких було отримано декілька поверхонь регулювання для системи відстеження точки максимальної потужності фотоелектричного перетворювача.

Аналіз універсальної апроксимації виду (17) показав, що при всіх значеннях робочої температури фотоелектричного перетворювача відносна похибка за модулем:

- не перевищує 1,6 % у діапазоні доцільного використання (300–1000 Вт/м<sup>2</sup>);
- не перевищує 6,3 % поза межами діапазону доцільного використання.

Аналіз відносної похибки для універсальної апроксимації виду (27) показав, що:

- вона не перевищує 4,51 % у діапазоні доцільного використання;
- вона не перевищує 7,2 % поза межами діапазону доцільного використання.

Аналіз відносної похибки для універсальної апроксимації виду (38) показав, що:

- вона не перевищує 6,26 % у діапазоні доцільного використання;
- вона не перевищує 9,32 % поза межами діапазону доцільного використання.

Аналіз відносної похибки для універсальної апроксимації виду (50) показав, що:

- вона не перевищує 4,57 % у діапазоні доцільного використання;
- вона не перевищує 4,17 % поза межами діапазону доцільного використання.

З наведеного вище стає очевидним, що універсальна апроксимація виду (17) є найбільш доцільною для подальшого використання, оскільки вона забезпечує найменшу відносну похибку обчислення величини опору навантаження фотоелектричного перетворювача. Тобто оптимальне значення ступеня полінома знаменника поправочної функції є 1. Також зрозуміло, що запропонована апроксимація забезпечує значно меншу відносну похибку, ніж та, що запропонована в [2].

**Список використаних джерел**

1. *Іванець С. А.* Використання нечіткої логіки в системах відстеження точки максимальної потужності фотоелектричних перетворювачів / С. А. Іванець, О. В. Красножон // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2014. – № 2 (73). – С. 180–187.
2. *Іванець С. А.* Отримання аналітичного опису поверхні керування для системи відстеження точки максимальної потужності фотоелектричного перетворювача / С. А. Іванець, О. В. Красножон // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2015. – № 2 (78). – С. 187–196.
3. *Кобец Б. Б.* Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б. Б. Кобец, И. О. Волкова. – М. : ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.
4. *Черных И. В.* Моделирование электротехнических устройств в MATLAB SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 288 с.
5. *Altas I. H.* A Photovoltaic Array Simulation Model for MATLAB-Simulink GUI Environment / I. H. Altas, A.M. Sharaf. – 5 p.

**Іванець Сергій Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біомедичних радіоелектронних апаратів та систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Іванець Сергій Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры биомедицинских радиоэлектронных аппаратов и систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Ivanets Sergey** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Biomedical Radioelectronic Apparatus and Systems, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: sergey.ivanets@gmail.com

**Красножон Олексій Васильович** – асистент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Красножон Алексей Васильевич** – ассистент кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Krasnozhon Olexsii** – assistant of Department of Information and Computer Systems, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: wingcommander@ngs.ru

УДК 377.3

*Світлана Коваленко*

## **ГРАФІЧНА СКЛАДОВА ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНЬОГО ІНЖЕНЕРА-БУДІВЕЛЬНИКА**

*Светлана Коваленко*

## **ГРАФИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА-СТРОИТЕЛЯ**

*Svitlana Kovalenko*

### **GRAPHIC PART OF PROFESSIONAL COMPETENCE FUTURE CIVIL ENGINEER**

*Розглянуто поняття, сутність, структуру та складові професійної компетентності фахівця. Виділено та досліджено одну із фундаментальних компонент професійної компетентності інженера-будівельника – графічну, яка уможливує виконання ним у кінцевому результаті робіт з проектування і конструювання будівельних об'єктів. Розглянуто співвідношення дефініції «графічна компетентність» з близькими за змістом поняттями, які тим чи іншим чином стосуються графічної підготовки майбутнього інженера-будівельника. Визначено сутність понять, які розкривають зміст графічної підготовки майбутніх інженерів-будівельників.*

**Ключові слова:** графічна компетентність, графічна діяльність, графічні здібності, графічна культура, графічна мова, графічна підготовка.

Бібл.: 10.

*Рассмотрены понятие, сущность, структура и составляющие профессиональной компетентности специалиста. Выделена и исследована одна из фундаментальных компонент профессиональной компетентности инженера-строителя - графическая, которая обеспечивает выполнение им в конечном результате работ по проектированию и конструированию строительных объектов. Рассмотрено соотношение дефиниции «графическая компетентность» с близкими по смыслу понятиями, которые тем или иным образом касаются графической подготовки буду-*

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

цього інженера-строителя. Определена сущность понятий, раскрывающих содержание графической подготовки будущих инженеров-строителей.

**Ключевые слова:** графическая компетентность, графическая деятельность, графические способности, графическая культура, графический язык, графическая подготовка.

Библ.: 10.

*In the article considered the concept, nature, structure and components of professional competence of the expert. Selected and investigated one of the fundamental components of professional competence engineer - graphics, which allows the performance of the final result of work on design and construction of building objects. Consider interrelation definitions "graphic competence" with similar content concepts, that in any way relate to graphic preparation of future engineer. Determined the nature of concepts that reveal the content of the graphic preparation of future engineers.*

**Key words:** graphic competence, graphic activity, graphics ability, graphic culture, graphic language, graphic preparation.

Bibl.: 10.

**Постановка проблеми.** Вирішення проблеми підготовки у ВНЗ висококваліфікованого конкурентоспроможного фахівця чимало педагогів і психологів пов'язують з формуванням його професійної компетентності. Початок розвитку концепції компетентнісно орієнтованого підходу можна віднести до 90-х рр. ХХ ст., коли були виконані перші наукові дослідження феномену «компетентність» [5]. Нині визначенню поняття «компетентність», виявленню структури і механізмів її формування присвячені дослідження багатьох педагогів і психологів.

Поняття «компетентний» є похідним від слова «компетенція» (лат. *competentia*, від *compeete* – взаємно прагну; відповідаю, підходжу) й у словниках тлумачиться як сукупність предметів відання, завдань, повноважень, прав і обов'язків державного органу або посадової особи, що визначаються законодавством [7]. Слово «компетентний» означає: 1) досвідчений у певній галузі, якомусь питанні; 2) повноважний, повноправний у розв'язанні якоїсь справи [7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Учені, які використовують терміни «компетентність» та «компетенція» для визначення критерію готовності фахівця до здійснення професійної діяльності, у своїх дослідженнях трактують їх по-різному. Так, С. Шишов та І. Агапов під компетенцією розуміють «здатність і готовність особистості до діяльності, що ґрунтується на знаннях і досвіді, набутих завдяки навчанню, орієнтованих на самостійну участь особистості в навчально-пізнавальному процесі, а також спрямованих на успішне використання в майбутній трудовій діяльності» [10, с. 60]. В. Андрущенко вважає, що «інтегральним показником якості, в контексті модернізації вищої освіти, може бути розглянута компетентність фахівця, що визначається не через певну суму знань, а характеризує вміння людини мобілізувати в конкретній ситуації отримані знання і досвід. Спеціальна компетенція передбачає володіння власне професійною діяльністю на достатньо високому рівні, здатність проектувати власний подальший професійний розвиток» [1, с. 13]. А. Хурорським компетенція трактується, як «задана вимога (норма) до підготовки студента», а компетентність, – як «особистісна якість (сукупність якостей) і мінімальний досвід стосовно діяльності в обраній професійній галузі» [8, с. 60]. Дж. Равен визначає компетентність, як спеціальну здатність, необхідну для виконання конкретної дії в конкретній предметній галузі, що містить вузькоспеціальні знання, особливого роду предметні навички, способи мислення, а також розуміння відповідальності за власні дії [6, с. 152].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Нині в розвинених країнах Європи склалося різне розуміння сутності і структури ключових компетенцій. Так, в Австрії спостерігається поділ на предметну, особистісну, соціальну і методологічну компетенцію; для впровадження поняття компетентності у навчальний процес педагогічні працівники орієнтуються на роботу в команді, впроваджують індивідуалізацію та проектно спрямовану роботу. У Бельгії критеріями компетентності вважаються: багатовимірність, досяжність, прозорість та багатофункціональність, а розподіл компе-

тенцій такий: соціальні, комунікативні, вміння співпрацювати, компетенція в опануванні бази даних інформаційних технологій, компетенція у вирішенні проблем, саморядування та саморегуляція, вміння критично мислити та швидко діяти тощо. У Фінляндії розрізняють пізнавальну компетенцію, вміння оперувати в умовах зміни мети і завдань, соціальну компетенцію, особистісну компетенцію, творчу компетенцію, педагогічну та комунікативну компетенції, адміністративну компетенцію, стратегічну компетенції, вміння діяти паралельно за різними напрямками. У Німеччині – це інтелектуальні знання та знання, які можна застосовувати на практиці, навчальна компетенція, методологічні або інструментальні (спеціальні) ключові компетенції, соціальні компетенції, ціннісні орієнтації. У Нідерландах – здатність до самонавчання, упевненість й вміння вибирати напрями розвитку, вміння діяти в різних ситуаціях, застосовувати різні альтернативи для виконання дій, грати різні ролі, вміння розв'язувати проблеми, обґрунтовувати варіанти свого вибору, брати до уваги різні обставини, поважати інших, бути лояльною людиною, вміння співпрацювати та знаходити творчі рішення тощо [3].

Аналізуючи наукову літературу з цього питання, можна зробити висновок, що автори здебільшого розглядають поняття «компетенція», як сукупність вимог до професійних здібностей (умінь), якими має володіти фахівець, що посідає певну посаду. Компетентністю можна назвати виявлені в конкретній ситуації здатності (уміння) фахівця у виконанні функціональних обов'язків та повноважень на високому кваліфікаційному рівні.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є дослідження однієї фундаментальної компоненти професійної компетентності інженера-будівельника – графічної, яка уможливує виконання ним в кінцевому результаті робіт з проектування і конструювання будівельних об'єктів, та доведення тієї тези, що графічна підготовка є органічною складовою загальної професійної підготовки майбутнього інженера-будівельника.

**Виклад основного матеріалу.** Сутність та структуру професійної компетентності сучасні дослідники визначають по-різному, однак обов'язковим компонентом у всіх наукових розвідках є знаннева складова. Так, В. Гриньова під професійною компетентністю розуміє «особистісні можливості фахівця, що дозволяють йому діяти конструктивно в межах визначеної професійної компетенції», а «професійна компетенція – це професійно-статусні можливості для здійснення фахівцем державних, соціальних і особистісних повноважень у професійній діяльності» [2, с. 67].

У дослідженні В. Петрук [4] структура професійної компетентності містить такі складові: 1) пізнавальну компетентність – характеризується здатністю і потребою професійного навчання фахівця; 2) комунікативну компетентність – передбачає володіння навичками і прийомами міжособистісного спілкування (передовсім за допомогою іноземної мови та сучасних інформаційних технологій); 3) аксіологічну компетентність – містить мотивації індивідуальних досягнень, ресурс успіху, прагнення до самореалізації особистості; 4) екстремальну компетентність – передбачає відхилення від умов нормально налагодженого виробництва, зміни способу життя, світогляду, світовідчуття тощо.

У дослідженні Т. Шаргун [9] структурна схема поняття «професійна компетентність майбутнього інженера» містить такі складові: 1) професійну діяльність: види професійної діяльності (науково-дослідницькі, проектно-конструкторські, організаційно-управлінські, виробничо-технологічні й експлуатаційні), етапи професійної діяльності (алгоритми розв'язання інженерних задач); 2) професійні якості особистості: фізіологічні, психологічні, соціальні, моральні, мотиваційно-цільові.

Отже, аналіз науково-педагогічних праць уможливив такі теоретичні узагальнення: 1) професійна компетентність фахівця є цілісною особистісною системою, що постійно розвивається; 2) структурні елементи цієї системи тісно взаємозумовлені особистісною рефлексією фахівця та рефлексією його власної професійної діяльності.

Таким чином, загальну, професійну компетентність ми визначаємо як інтегровану характеристику інженера-будівельника, здатного кваліфіковано виконувати визначені (необхідні) функції в усіх видах професійної діяльності будівельного виробництва, регламентовані освітньо-кваліфікаційними вимогами до цієї спеціальності. Професійна компетентність інженера-будівельника містить загальнопрофесійні і спеціальні якості, фізіологічний, психологічний та морально-етичний компоненти і залежить від соціально-економічних вимог сучасного суспільства до будівельної галузі. Професійна компетентність інженера-будівельника виявляється у професійній діяльності.

Представлення структури і змісту професійної компетентності інженера-будівельника зумовлює вибір оптимального методологічного підходу для дослідження конкретних якостей (у нашому випадку – графічної компетентності), якими має володіти цей фахівець, та їх формування у процесі навчання графічним дисциплінам. Таким підходом, як засвідчує практичний досвід, є компетентнісно-орієнтований підхід.

Розглянемо співвідношення дефініції «графічна компетентність» з близькими за змістом поняттями, які тим чи іншим чином стосуються графічної підготовки майбутнього інженера-будівельника. На основі теоретичного аналізу нами визначена група цих понять як цілісна система дефініцій («графічні здібності», «графічна діяльність», «графічна підготовка», «графічна мова», «графічна культура» тощо), пов'язаних з переосмисленням завдань графічної підготовки майбутніх інженерів-будівельників та змісту предметної сфери графічних дисциплін, а також – із розглядом позицій формування:

– по-перше, умінь сприймати, запам'ятовувати, відтворювати, оперувати, трансформувати, створювати нові просторові образи, спираючись на загальнолюдські досягнення графічної культури, джерела якої беруть початок у розумінні і використанні візуального потоку інформації, можливості графічного запису інформації про об'єкти тривимірного світу;

– по-друге, умінь цілеспрямовано користуватися інформацією про будівельні об'єкти (об'єкти будівництва), заснованих на достатньо високому рівні оволодіння графічними і техніко-технологічними знаннями й уміннями в їх нерозривній єдності для адекватного розуміння (при читанні графічної документації) різноманітних геометричних параметрів, техніко-технологічних вимог, умов, процесів, операцій тощо.

Отже, визначимо сутність понять, які розкривають зміст графічної підготовки майбутніх інженерів-будівельників.

*Графічна діяльність* – це виконання майбутнім інженером комплексних графічних робіт, включених в єдиний процес створення будівельних об'єктів, що уможливило наступну організацію професійної діяльності на виробництві. Графічна діяльність містить: аналіз виробничої ситуації, пошук оптимального варіанта вирішення проблеми, розробку (виконання) проектною і конструкторською документації об'єктів будівництва тощо. Здійснення графічної діяльності передбачає виконання креслень й інших графічних зображень, аналіз форми, взаємодії деталей або деяких явищ із залученням графічних зображень (використовуючи графічний запис будівельно-технічної інформації).

*Графічні здібності* – це зумовлений генетичною схильністю і (або) вихований у процесі пізнавальної і практичної графічної діяльності комплекс знань, умінь і навичок, що дозволяють студентові здійснювати графічну діяльність на достатньо високому культурному та якісному рівні для конкретного етапу його освітньо-професійного розвитку.

*Графічна культура* – це досягнення людства в галузі створення й освоєння графічних способів відображення, збереження, передачі геометричної, технічної й іншої інформації про предметний світ; творча освітньо-професійна діяльність з розвитку графічної мови (вдосконалення і створення нових образотворчих і знакових систем). При цьому графічна мова є підґрунтям графічної культури студента.

*Графічна мова* – це історично зумовлена сукупність образотворчих і знакових систем, що виконують пізнавальну і комунікаційну функції у процесі виробничої діяльності інженера-будівельника. Графічна мова оперує просторовими образами, зв'язаними з невербальним мисленням. Їй притаманні різні системи графічного запису геометричної, технічної й іншої інформації про будівельні об'єкти. У цілому графічна мова ґрунтується на законах математики (геометрії) і призначена для науково-технічної та виробничої комунікації між суб'єктами процесу будівництва.

*Образотворча система графічної мови* – це взаємодія закономірностей, що формують цю систему (наприклад, процес проектування об'єктів будівництва), і правил використання носіїв інформації обраної системи (крапка, лінія, контур тощо) для здійснення графічного запису інформації про тривимірні об'єкти. Образотворча система графічної мови – результат взаємодії трьох діяльнісних компонентів: оперування просторовими образами; графічний запис просторових образів; зчитування відображеної інформації.

*Графічна підготовка* – це складова професійної підготовки інженера-будівельника, її перший і фундаментальний ступінь, що характеризується формуванням готовності до безпосереднього застосування графічних знань й умінь у галузі графічної мови, заснованої на методі проектування тривимірних будівельних об'єктів, а також у графічній діяльності та вивченні досягнень світової графічної культури. З іншого боку, це багатоплановий і безперервний процес формування професійної готовності студента до графічної діяльності, якій притаманна інтегрована властивість стосовно фахової (техніко-технологічної, проектно-конструкторської тощо) підготовки в технічних ВНЗ.

Графічна підготовка органічно входить до складу загальної професійної підготовки майбутнього інженера-будівельника, містить різні аспекти застосування графічних знань й умінь, трансформацію графічних знань й умінь за їх професійною спрямованістю і вивчення графічної мови, яка використовується для засвоєння навчального матеріалу фахових професійно орієнтованих дисциплін.

Графічна підготовка нами також розглядається як якість особистості майбутнього інженера-будівельника, а також готовність і потреба вирішувати різні професійно орієнтовані графічні задачі. У процесі розв'язання цих задач й формуються відповідні графічні вміння. Розв'язання цілісного, дидактично обґрунтованого комплексу таких задач істотно впливає на розвиток гнучких і міцних графічних знань й уможливорює здатність перенесення засвоєних алгоритмів та досвіду творчої діяльності в нові умови. Розв'язання професійно-орієнтованих графічних задач забезпечує оволодіння студентами основами графічної, предметно-професійної і науково-дослідницької діяльності.

*Культура графічної підготовки* – якість особистості й інтегрований показник графічної діяльності інженера-будівельника, який передбачає творчий підхід до створення об'єктів будівництва, організації виробничого процесу, розширення світогляду, а також – глибокі і міцні графічні знання й вміння їх творчого застосування на практиці; цілеспрямований пошук і відбір графічних засобів передачі геометричної, технічної й іншої інформації про будівельні об'єкти, що в підсумку виявляється як раціональність, винахідливість, грамотність й естетичність розв'язання професійно-орієнтованих графічних задач.

*Графічна задача* – це різновид виробничої задачі з графічним і технічним змістом, яка передбачає застосування графічних способів передачі геометричної, технічної й іншої інформації про об'єкти (будівельні, технічні, виробничі).

*Професійно орієнтована графічна задача* – це графічна задача навчального характеру, розв'язання якої сприяє цілеспрямованому набуттю майбутніми інженерами-будівельниками графічними вміннями у процесі навчальної графічної діяльності; її характеризує педагогічна спрямованість навчальної проблеми, яка передбачає пошук оптимального вирішення конкретної ситуації; розв'язання студентами цього типу задач зумовлює прояв ними професійно важливих якостей інженера-будівельника.



*Графічна готовність* – складова професійної готовності інженера-будівельника, яка характеризується рівнем сформованості графічної компетентності, просторової уяви та технічного мислення, культури графічної підготовки, достатніх для ефективного розв'язання графічних задач в умовах різних виробничих ситуацій.

*Графічна компетентність* – властивість, що входить до складу професійно важливих якостей особистості, детермінована глибокими і міцними знаннями та навичками в галузі графічних навчальних предметів; уміннями їх застосування у виробничих ситуаціях; позитивним практичним досвідом розв'язання професійно орієнтованих графічних задач.

Графічна компетентність передбачає сформованість на високому рівні професійної культури: 1) знань нарисної геометрії як теоретичної основи побудови креслення; 2) знань й умінь застосовувати стандарти ЄСКД та СПДБ («Система проектної документації для будівництва»); 3) умінь читати і створювати креслення «вручну» або з допомогою ЗІТ та автоматизованих систем, орієнтованих на проектно-конструкторську діяльність. Більш того, графічна компетентність – це відповідальне ставлення до виконуваної роботи, специфічні інтелектуальні здібності, просторова уява, творча активність, самостійність і самоконтроль у вирішенні професійно орієнтованих графічних завдань, графічна й інформаційна культури, здатність до саморозвитку та самореалізації як у традиційній, так і в комп'ютерній складовій графічної практики.

Графічна компетентність на сучасному етапі інформатизації вищої технічної освіти передбачає високий рівень сформованості у студентів вмінь та навичок виконання відповідальних та наукомістких робіт, пов'язаних з професійним використанням конструкторських модулів і графічних редакторів інтелектуальних комп'ютерних систем автоматизованого проектування. У технічних ВНЗ графічна компетентність майбутніх інженерів-будівельників формується у процесі безперервної (наскрізної) навчально-професійної графічної підготовки з використанням сучасних ЗІТ.

**Висновки і пропозиції.** Узагальнюючи викладене, нами визначено поняття «графічна компетентність майбутнього інженера-будівельника» як готовність виконувати графічну діяльність у галузі будівельного виробництва на достатньо високому рівні вихованості графічної й інформаційної культури, що забезпечує саморозвиток і творче розв'язання професійно орієнтованих графічних задач традиційними (ручними) способами та з використанням засобів інформаційних технологій і автоматизованих систем проектування.

#### Список використаних джерел

1. Андрущенко В. П. Основні тенденції розвитку вищої освіти України на рубежі століть (спроба прогностичного аналізу) / В. П. Андрущенко // Вища освіта України. – 2001. – № 1. – С. 11–17.
2. Гриньова В. М. Формування педагогічної культури майбутнього вчителя (теоретичний та методичний аспекти) : [монографія] / В. М. Гриньова. – Х. : Основи, 1998. – 300 с.
3. Кожевніков В. Поняття «компетентність» у педагогіці [Електронний ресурс] / В. Кожевніков. – Режим доступу : <http://osvita.ua/school/theory>.
4. Петрук В. А. Теоретико-методичні засади формування професійної компетентності майбутніх фахівців технічних спеціальностей у процесі вивчення фундаментальних дисциплін : [монографія] / В. А. Петрук. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2006. – 292 с.
5. Піскунова С. А. Дисертаційні дослідження «компетентності» / С. А. Піскунова // Модернізація вищої освіти в Україні: проблеми і перспективи. – Х. : Основи, 2008. – Ч. 1. – С. 180–190.
6. Равен Дж. Педагогическое тестирование : Проблемы, заблуждения, перспективы. Природа компетентности / Дж. Равен // Школьные технологии. – 1999. – № 3. – С. 151–175.
7. Сучасний словник іншомовних слів : близько 20 тис. слів і словосполучень / уклад. О. І. Скопненко, Т. В. Цимбалюк. – К. : Довіра, 2006. – 789 с.
8. Хуторской А. В. Дидактическая эвристика : Теория и технология креативного обучения / А. В. Хуторской. – М. : Изд. МГУ, 2003. – 416 с.

9. Шаргун Т. О. Формування професійної компетентності у майбутніх фахівців залізничного транспорту у процесі професійної підготовки : дис... канд. пед. наук : спец. 13.00.04 / Шаргун Тетяна Олексіївна. – Львів, 2006. – 219 с.

10. Шишов С.Е. Компетентностный подход к образованию: прихоть или необходимость? / С. Е. Шишов, И. Г. Агапов // Стандарты и мониторинг. – 2002. – № 2. – С. 58–62.

**Коваленко Світлана Василівна** – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Коваленко Светлана Васильевна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Kovalenko Svitlana** – PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of Department of Geodesy, Cartography and Land Planning, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** svkoyal70@gmail.com

УДК 502.55

*Ігор Корнієнко, Світлана Корнієнко, Артем Кошма*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ НАДХОДЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ДО КОНТЕЙНЕРНИХ МАЙДАНЧИКІВ**

*Игорь Корниенко, Светлана Корниенко, Артём Кошма*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ДО КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЛОЩАДОК**

*Ihor Korniyenko, Svitlana Korniyenko, Artem Koshma*

## **MODELING OF INTENSITY OF THE SOLID WASTE FLOW TO CONTAINER YARDS**

*Розглянуто проблему моделювання інтенсивності вхідних потоків у системі масового обслуговування мережі збирання твердих побутових відходів. Сформульовано підхід до апріорного визначення інтенсивності надходження сміття до контейнерних майданчиків, наведено спосіб одержання чисельного показника втрат інтенсивності потоку сміття на основі даних соціологічного дослідження.*

**Ключові слова:** *тверді побутові відходи, інтенсивність надходження сміття, система масового обслуговування.*  
Рис.: 2. Табл.: 3. Бібл.: 9.

*Рассмотрена проблема моделирования интенсивности входных потоков в системе массового обслуживания сети сбора твердых бытовых отходов. Сформулирован подход к априорному определению интенсивности поступления мусора к контейнерным площадкам. приведен способ получения численного показателя потерь интенсивности потока мусора на основе данных социологического исследования.*

**Ключевые слова:** *твердые бытовые отходы, интенсивность поступления мусора, система массового обслуживания.*  
Рис.: 2. Табл.: 3. Библ.: 9.

*We consider the problem of modeling the intensity of input flows in the queuing system the network of waste collection.*

*Formulated a priori approach to the definition of the volume of waste to container sites, is a way of getting numerical index of losses of the intensity of a debris flow on the basis of data of sociological research.*

**Key words:** *municipal solid waste, the intensity of debris inflow, queuing system.*  
Fig.: 2. Tabl.: 3. Bibl.: 9.

**Постановка проблеми.** Проектування і впровадження системи роздільного збирання твердих побутових відходів (ТПВ) у населених пунктах передбачає попереднє оцінювання ефективності та визначення основних параметрів системи, чим у подальшому і визначається конфігурація (просторова структура) системи. Апріорне визначення такої оцінки можливе через дослідження геоінформаційної моделі мережі роздільного збирання ТПВ, в основі якої лежить математична модель процесів збирання, накопичення та вивезення сміття різних груп, а вхідні параметри моделі задаються просторовими об'єктами геоінформаційного простору.

Одними з основних вхідних параметрів, які витікають з просторових і атрибутивних характеристик об'єктів геопростору, а також особливостей соціуму, є інтенсивність надходження сміття до контейнерних майданчиків та швидкість його накопичення в контейнерах. Відшукання аналітичних залежностей для цих параметрів дозволить викону-

вати моделювання процесів функціонування мережі ТПВ з метою формування її оптимальної просторової конфігурації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання запровадження в Україні системи роздільного збору твердих побутових відходів розглянуто у [1–4], етапи комплексного розв’язування задачі побудови просторової структури мережі роздільного збирання твердих побутових відходів відображено у [5], моделювання обмежень на розташування контейнерних майданчиків відображені у [6], розроблення моделі мережі роздільного збирання ТПВ у [7].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Проблемність априорного визначення інтенсивності надходження сміття різних груп пов’язана з відсутністю на цей момент об’єктивних статистичних даних з роздільного збирання сміття на території країни, складністю передбачення свідомості мешканців щодо роздільного збирання сміття, залежністю від групи просторових і статистичних чинників, таких як відстань до контейнерних майданчиків, чисельність мешканців району збору, їх просторовий розподіл тощо.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є розроблення методу знаходження аналітичних залежностей інтенсивності потоку надходження сміття та швидкості його накопичення для математичної моделі мережі роздільного збирання ТПВ.

**Виклад основного матеріалу.** В [7] для моделювання процесів збирання сміття запропоновано аналітичну модель системи масового обслуговування (СМО) ТПВ (рис. 1), яка включає такі елементи:

- перша ланка містить множину майданчиків  $H$  для збирання ТПВ, що мають власне просторове розташування;
- кожний з майданчиків має  $J$  контейнерів, кількість яких визначається кількістю груп ТПВ (залежно від умов та можливостей вторинного перероблення весь обсяг ТПВ поділяється на  $J$  класів за типом сміття; в європейській практиці від 3 до 5);
- у кожний  $j$ -тий контейнер надходить «заявка» – порція сміття  $j$ -го типу певного об’єму (обсягу, маси);
- друга ланка представлена засобами вивезення різних груп ТПВ, причому окрему  $j$ -ту групу ТПВ вивозить окремий транспорт;
- вивезення сміття в кінцеві пункти (третья ланка) моделюється за двома варіантами: а) сміття за  $j$ -ми групами концентрується у відповідних центрах збирання ТПВ; б) сміття за всіма групами концентрується на пункті вторинного сортування.

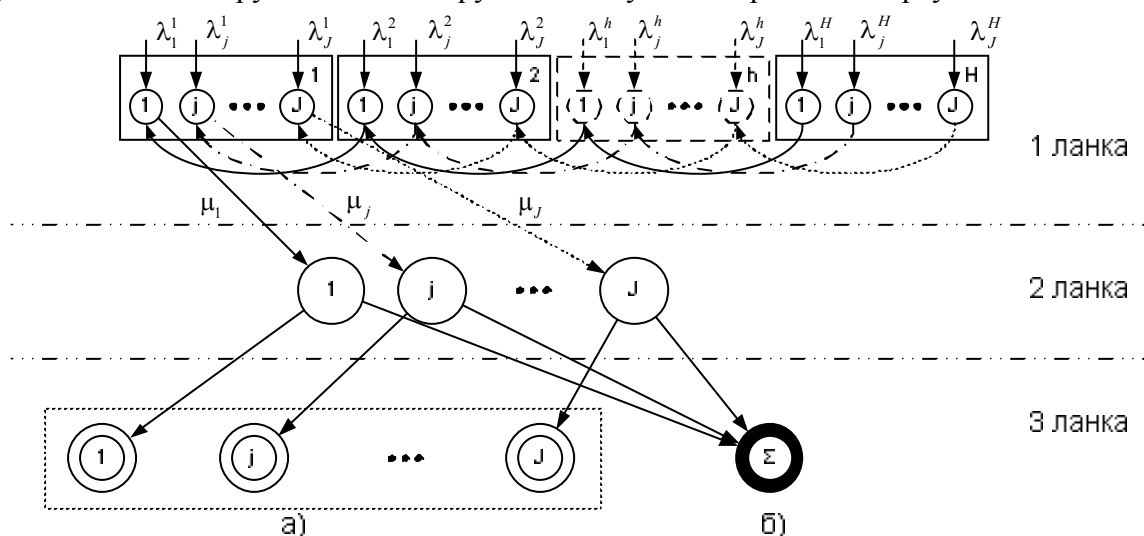


Рис. 1. Схема СМО ТПВ

Для подальшого аналізу введемо вхідні дані і позначення: множина житлових будинків  $N$ ,  $n_i = \overline{1, N}$ ;  $m_i$  – кількість під'їздів будинку;  $l_i^m$  – множина квартир  $m_i$  під'їзду. В кожній  $l_i^m$  квартирі накопичуються ТПВ, причому об'єм (обсяг, маса) ТПВ, кількість мешканців квартири та їх особисті прагнення до роздільного збирання є випадковою величиною. Інтенсивність потоку заявок  $\lambda_j$  та інтенсивність обслуговування контейнерів  $\mu_j$  є параметрами, що визначають стан системи в будь-який конкретний момент часу  $t$ .

У [7] розглядалися втрати тільки таких вхідних потоків, за яких контейнери  $j$ -ї групи ТПВ виявлялися заповненими і надходження чергової порції сміття було фізично неможливе (в подальшому контейнери  $j$ -ї групи ТПВ вважаємо каналом СМО надходження сміття, порція сміття певної групи, що виноситься мешканцем, називаємо заявкою). Проте, очевидно, що будуть існувати втрати заявок через небажання мешканців виконувати роздільний збір сміття з тих чи інших причин. Такі втрати не будуть означати, що СМО дала відмову вхідній заявці, але вплинуть на загальну інтенсивність накопичення сміття  $j$ -ї групи у контейнері майданчика  $h$ :

$$\Lambda_j^h = \sum_{l=1}^L \Lambda_j^l, \quad (1)$$

де  $\Lambda_j^l$  – інтенсивність потоку сміття  $j$ -ї групи,  $L$  – загальна кількість квартир (приватних будинків), мешканці яких погодились на роздільне збирання сміття. Зменшення інтенсивності потоку пов'язано з зменшенням індексу  $L$  у виразі (1), що врешті вплине на собівартість вивезення ТПВ

$$V_c = \frac{V_Q}{C_Q}, \quad (2)$$

де  $V_Q$  – середній об'єм (обсяг, маса) ТПВ (середня чисельність заявок у традиційній СМО), що обслуговується системою за час  $T$  (абсолютна пропускна здатність);

$C_Q$  – витрати на обслуговування системи, що забезпечує абсолютну пропускну здатність  $V_Q$ .

Розглянемо такі втрати докладніше. Втрати інтенсивності потоку через небажання мешканців збирати роздільно ТПВ пов'язане із соціологічними, етичними, психологічними аспектами особистості мешканця, власними переконаннями, усвідомленням відповідальності перед майбутнім людства, своєї країни, міста, готовністю суспільства та особистості до змін та прийняття для себе цивілізованого способу поведінки з відходами. Проте, немаловажним чинником успішного роздільного збирання відходів виступає зручність для мешканців системи збирання ТПВ. Очевидно, що основними показниками зручності може бути віддаленість контейнерних майданчиків від під'їздів багатоповерхових будівель, приватних будинків та розташування контейнерів на основних пішохідних шляхах у дворових територіях тощо. Також не викликає сумнівів, що показники зручності та свідомості є суто суб'єктивними для мешканців, тому така оцінка, на нашу думку, неможлива без соціологічного або статистичного дослідження, при цьому показник втрат інтенсивності потоку буде мати імовірнісний характер. Але, можливо, показники, отримані у статистичному дослідженні, будуть мати більшу надійність через те, що зібрані дані будуть відбивати фактичні дії мешканців, а при соціологічному – ці дії несуть декларативний характер. Проте соціологічні дані матимуть менші витрати на їх отримання, більшу гнучкість та швидкість одержання кінцевих результатів, ніж при натурному статистичному експерименті.

Отже, визначимо інтенсивність потоку заявок на вході СМО ТПВ. Позначимо через  $A$  подію, коли мешканець через внутрішні переконання погодиться на роздільний збір сміття. Відповідно, подія  $\bar{A}$  полягає в тому, що довільним чином обраний мешканець не погодиться на роздільний збір сміття. Очевидно, що  $A + \bar{A} = \Omega$ , де  $\Omega$  – повна група подій, а  $P(A) + P(\bar{A}) = 1$ . Згідно з [8]:

$$P(A) \approx P^*(A) = \frac{M_A}{n}, \text{ при } n \rightarrow 500 \div 600,$$

де  $P^*(A)$  – статистична імовірність (частота) події;

$n$  – кількість виконаних дослідів;

$M_A$  – кількість дослідів, в яких подія  $A$  проявилася.

Не викликає сумнівів, що однієї умови погодження мешканців роздільно збирати побутове сміття недостатньо для успішного розгортання довільної мережі збирання ТПВ. Має бути організована така система роздільного збирання ТПВ, за якої мешканець зможе реалізувати свій вибір, при цьому показник ефективності (2) набуває свого мінімального значення для всіх допустимих варіантів конфігурації мережі.

Позначимо подію, коли система має сприятливі характеристики для збирання ТПВ через  $B$ . Тоді імовірність того, що довільно обраний мешканець будинку буде провадити роздільний збір сміття, можна представити умовною ймовірністю:

$$P(AB) = P(A)P(B/A).$$

Відповідно статистична ймовірність такої події:

$$P^*(AB) = P^*(A)P^*(B/A), \text{ при } n \rightarrow 500 \div 600;$$

при цьому частота  $P^*(B/A) = \frac{M_B}{M_A}$  може визначатися статистичним підрахунком кіль-

кості мешканців  $M_B$ , для яких характеристики системи роздільного збирання є сприятливими щодо величини  $M_A$ . Сприятливі умови, на наш погляд, можна охарактеризувати двома основними чинниками (за умови провадження безоплатного збирання ТПВ):

$a$  – віддаленість розташування контейнерних майданчиків від під'їзду (для багатоквартирних будинків) або від будинків (для приватного сектора), тобто відстань не має перевищувати деяку граничну  $d \leq d^{bc}$ , де  $d^{bc}$  – гранична відстань;

$b$  – розташування контейнерних майданчиків на основних пішохідних шляхах житлового масиву, коли виносити сміття буде «по дорозі», при цьому може бути  $d > d^{bc}$ .

На цьому етапі залишимо основним впливовим чинником віддаленість контейнерних майданчиків (чинник  $b$  вимагає окремого геоінформаційного моделювання, тому буде розглядатися пізніше), тобто досліджуватимемо  $P^*(B\{d \leq d^{bc}\}/A)$ . Для апріорного визначення статистичної імовірності  $P^*(AB)$  можна скористатися опитуванням мешканців мікрорайону, житлового масиву, кварталу тощо, при цьому основною умовою надійності отримуваних даних є достатня кількість опитувань, за якою різниця між частотою події  $p^*$  і її ймовірністю  $p$  не перевищували заданої величини  $\varepsilon$  (або помилки від заміни математичного очікування середнім арифметичним не більше заданої).

Припустимо, що  $l_1$  мешканців визначило для себе граничну відстань  $d \leq d_1^{bc}$ ; відповідно  $l_2 : d \leq d_2^{bc}$ ;  $l_3 : d \leq d_3^{bc}$ ; ... ;  $l_n : d \leq d_n^{bc}$ ;  $\sum_{i=1}^n l_i = M_A$ ;  $d_1^{bc} < d_2^{bc} < d_3^{bc} < \dots < d_n^{bc}$ . За цими даними сформуємо згрупований статистичний ряд (табл. 1).

Таблиця 1

*Згрупований статистичний ряд граничної відстані до сміттєвих майданчиків*

$x_i$	$0 \div d_1^{bc}$	$d_1^{bc} \div d_2^{bc}$	$d_2^{bc} \div d_3^{bc}$	...	$d_{n-1}^{bc} \div d_n^{bc}$
$p_i^*$	$p_1^*$	$p_2^*$	$p_3^*$	...	$p_n^*$

Тут  $x_i$  – інтервал граничної відстані;  $p_i^* = \frac{l_i}{M_A}$  – відносна частота події  $l_i$ . Статистичний ряд фактично відображає статистичну імовірність вибору мешканцями граничної відстані, проте для нас важливим є імовірність того, що довільним чином обраний мешканець зголоситься пройти відстань  $d \leq d^{bc}$ . Трансформуємо наш згрупований статистичний ряд у ряд статистичної імовірності події  $B$ . Природно, що людина, яка обрала більшу граничну відстань вважатиме прийнятну для себе умову, яка потрапляє до інтервалів  $x_i$  з меншою граничною відстанню. Тоді, інтервал з мінімальною відстанню  $d_1^{bc}$  сприймуть для себе прийнятним  $M_A$  мешканців. Відповідно для інших інтервалів статистична імовірність набере вигляду (табл. 2).

Таблиця 2

*Ряд статистичної імовірності події  $B$*

$x_i$	$0 \div d_1^{bc}$	$d_1^{bc} \div d_2^{bc}$	$d_2^{bc} \div d_3^{bc}$	...	$d_{n-1}^{bc} \div d_n^{bc}$
$P_i^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$	$\frac{\sum_{i=1}^n l_i}{M_A}$	$\frac{\sum_{i=2}^n l_i}{M_A}$	$\frac{\sum_{i=3}^n l_i}{M_A}$	...	$\frac{\sum_{i=n}^n l_i}{M_A}$

В отриманому ряді фактично наявні дві випадкові величини: відстань до контейнеру та кількість мешканців, для яких така відстань виявиться прийнятною. Для їх подальшого використання в знаходженні інтенсивності потоку заявок необхідно знайти умовний закон розподілу виду  $P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A) = f(x_i)$ , представлений графіком лінії регресії (рис. 2).

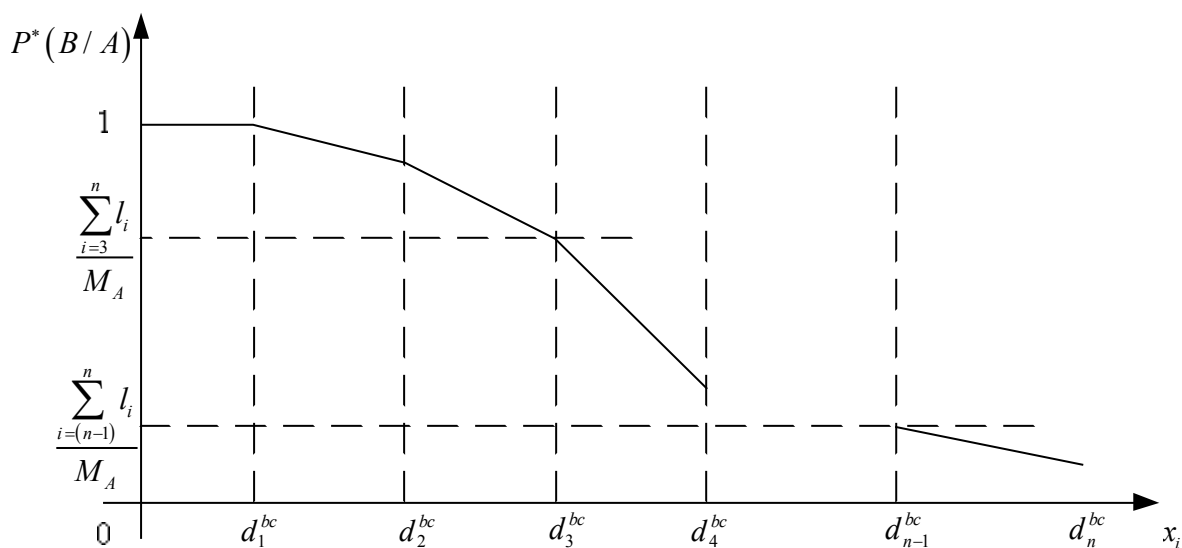


Рис. 2. Лінія регресії закону розподілу  $P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A) = f(x_i)$

Характеристикою розподілу випадкової величини  $P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$  може слугувати умовне математичне очікування події  $B$ :

$$M[B | d_i] = m_{B|d_i} = \sum_{i=1}^n P_i^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A) \cdot d_i^{bc},$$

яке є характеристикою усередненої величини  $d^{bc}$  того чи іншого мікрорайону, житлового масиву, кварталу тощо, яка також опосередковано може слугувати характеристикою готовності мешканців до роздільного збирання сміття.

Для використання отриманих залежностей під час розрахунку сумарної інтенсивності потоку заявок  $\Lambda_j^h$  при аналізі певної території, бажано використання деякої аналітичної функції, яку можна отримати при згладжуванні лінії регресії за «методом найменших квадратів». Питання, в якому саме класі функції потрібно шукати найкраще наближення, вирішується не математично, а виходячи з міркувань, пов'язаних з фізикою задачі, з урахуванням характеру емпіричної ламаної та ступеня точності спостережень [8].

Використання методу найменших квадратів для нелінійної функції виду  $y = F(x, a, b)$  (неперервної і монотонної на відрізку  $[0; d_n^{bc}]$ ) вимагатиме певної лінеаризації через введення змінних  $X = \varphi(x)$ ;  $Y = \Psi(y)$  таких, за яких у новій системі координат задана емпірична нелінійна функція стає лінійною виду  $Y = AX + B$ . Наприклад, для показової залежності  $y = ab^x$  маємо  $\ln y = \ln a + x \ln b$ . Поклавши  $Y = \ln y$ ,  $X = x$ ,  $A = \ln b$ ,  $B = \ln a$ , одержимо лінійну залежність виду  $Y = AX + B$ . Або  $y = ae^{bx}$  перетвориться в лінійну при введенні  $X = x$ ,  $Y = \ln y$ ,  $B = \ln a$ ,  $A = b$  [9].

За результатами виконаної лінеаризації та отримання аналітичного виразу ми висуваємо гіпотезу, в якій статистичну частоту  $P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$  замінюємо імовірністю  $P(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$ . Для перевірки правдоподібності гіпотези можна використати критерій Пірсона  $\chi^2 = n \sum_{i=1}^k \frac{(p_i^* - p_i)^2}{p_i}$ .

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^k \frac{(p_i^* - p_i)^2}{p_i}.$$

Одержана нами статистична імовірність роздільного збирання ТПВ  $P^*(AB) = P^*(A)P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$  визначатиме фактично частку мешканців (квартир) від загальної кількості, які погодяться на роздільний збір за умови  $\{d \leq d^{bc}\}$ , тому справедливо використовувати таку імовірність як коефіцієнт під час визначення кількості мешканців (квартир), де будуть збирати сміття роздільно, конкретного  $m_i$  під'їзду при його віддаленості  $d$  від контейнерного майданчика  $h$ .

Іншим важливим параметром потоку заявок, що визначатиме швидкість наповнення контейнерів, є статистична кількість сміття по  $J$  групах, що накопичується у мешканців квартир. Такі статистичні характеристики можна отримати у процесі проведення соціологічного опитування, за результатами якого знову таки сформуємо згрупований статистичний ряд за такими параметрами (табл. 3):

$j$  – група ТПВ;

$v_{ji}$  – середня кількість (об'єм, обсяг) сміття  $j$ -ї групи, що накопичується за інтервал часу  $\Delta t$  в  $i$ -тій квартирі;

$\omega_i$  – відносна статистична частота події у вибірці;  $\omega_i = \frac{l_i}{M_A}$ ,  $l_i$  – кількість квартир,

що викидають сміття об'єму  $v_{ji}$ .

Таблиця 3

Згрупований статистичний ряд питомих обсягів накопичуваного сміття

$v_{ji}$	$v_{j1}$	$v_{j2}$	$v_{j3}$	...	$v_{jk}$
$\omega_i$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	...	$\omega_k$

При цьому статистичне середнє обсягу зібраного сміття (математичне очікування) становитиме  $m_j^* = \sum_{i=1}^k v_{ji} \omega_i$ . Окремо слід зауважити, що досліджувати питомий обсяг сміття на окремого мешканця, на нашу думку, є недоцільною та зайвою процедурою. По-перше, статистичний параметр  $v_{ji}$  вже містить закон розподілу випадкової величини кількості мешканців у квартирі. По друге, після того, як ми вичленимо цей закон з параметра  $v_{ji}$ , нам знову потрібно буде вводити цей же параметр під час розрахунку середніх обсягів. І по-третє, актуальні і достовірні статистичні дані по реальній кількості мешканців квартир у дійсних умовах одержати просто неможливо.

Отже, отриманий параметр  $m_j^* = \bar{v}_j$  є останньою необхідною характеристикою для визначення інтенсивності потоку заявок у СМО ТПВ. Відповідно, інтенсивність потоку заявок  $j$ -ї групи ТПВ від окремої  $l$ -ї квартири  $\lambda_j^l = 1/\Delta t_j^l$  при середньому обсязі порції сміття  $\bar{v}_j$ . Груповий потік  $j$ -ї групи ТПВ до контейнерного майданчику  $h$ :

$$\Lambda_j^h = \sum_{l=1}^{\Phi} \lambda_j^l,$$

де  $\Phi = L \cdot P^*(AB)$ ;  $L$  – загальна кількість квартир, що обслуговується  $h$ -им майданчиком.

Швидкість накопичення сміття у контейнері:

$$S_j^h = \Lambda_j^h \bar{v}_j.$$

Одержані вирази розрахунку інтенсивності потоку та швидкості накопичення сміття готові до використання в аналітичній моделі СМО ТПВ [7] при геоінформаційному моделювання мережі роздільного збирання ТПВ. Також пропонувані вирази можуть бути використані при імітаційному моделювання поведінки системи роздільного збирання ТПВ.

**Висновки і пропозиції.** У статті розглянуто проблему моделювання інтенсивності надходження та швидкості накопичення твердих побутових відходів у контейнерах на майданчиках мережі збирання твердих побутових відходів. Запропонований та обґрунтований підхід до апріорного визначення чисельних параметрів інтенсивності потоку сміття в залежності від множини факторів, як то просторові та атрибутивні геоінформаційні характеристики району роздільного збирання сміття, особисті переконання мешканців у роздільному збиранні сміття, зручності конфігурації мережі.

Подальший розвиток досліджень пов'язаний з проведенням соціологічних досліджень, оцінювання адекватності моделі через математичне моделювання та натурний експеримент на тестовій ділянці міста.

#### Список використаних джерел

1. Корнієнко І. В. Стан і напрями розв'язання проблеми утилізації екологічно небезпечних побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Чернігівський науковий часопис. Серія 2: Техніка і природа. – 2012. – № 1 (3). – С. 122–127.



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

2. *Корнієнко І. В.* Порівняльний аналіз підходів до утилізації екологічно небезпечних побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землекористування – Європейський досвід». – 2013. – Вип. 9. – С. 180–185.
3. *Корнієнко І. В.* Визначення основних чинників впливу на просторову структуру мережі збирання та переробки екологічно небезпечних відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землекористування – Європейський досвід». – 2014. – Вип. 10. – С. 143–146.
4. *Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області : монографія / В. Г. Петрук, О. В. Мудрак, О. Г. Яворська, В. В. Черній та ін. ; під ред. В. Г. Петрука.* – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2007. – 160 с.
5. *Корнієнко І. В.* Декомпозиція задачі формування просторової структури мережі збору побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Технічні науки та технології. – 2015. – № 1 (1). – С. 113–118.
6. *Корнієнко І. В.* Моделювання обмежень розташування контейнерних майданчиків роздільного збору твердих побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Технічні науки та технології. – 2015. – № 2 (2). – С. 135–140.
7. *Корнієнко І. В.* Розроблення моделі мережі роздільного збирання твердих побутових відходів / І. В. Корнієнко, С. П. Корнієнко, А. І. Кошма // Технічні науки та технології. – 2016. – № 1 (3). – С. 122–130.
8. *Венцель Е. С.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Венцель, Л. А. Овчаров. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1988. – 480 с. – (Физико-математическая б-ка інженера).
9. *Лященко М. Я.* Чисельні методи : підручник / М. Я. Лященко, М. С. Головань. – К. : Либідь, 1996. – 288 с.

**Корнієнко Ігор Валентинович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Корниенко Игорь Валентинович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Korniienko Ihor** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Geodesy, Cartography and Land Planning Department, Chernihiv National University of Technology (4 Bielova Str., 1400 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** cornel@ukr.net

**Корнієнко Світлана Петрівна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри вищої та прикладної математики, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Корниенко Светлана Петровна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высшей и прикладной математики, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Korniienko Svitlana** – PhD in Technical Sciences, Associate professor of Higher and Applied Mathematics Department, Chernihiv National University of Technology (4 Bielova Str., 1400 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** cornel@ukr.net

**Кошма Артем Іванович** – аспірант кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Кошма Артём Иванович** – аспирант кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Koshma Artem** – PhD student of Geodesy, Cartography and Land Planning Department, Chernihiv National University of Technology (4 Bielova Str., 1400 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** akoshma@gmail.com

УДК 528.93

*Игорь Корниенко, Владимир Розумець***СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНШЕТІВ***Игорь Корниенко, Владимир Розумець***СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНШЕТОВ***Ihor Korniyenko, Volodymyr Rozumets***THE SYSTEM OF QUALITY EVALUATION OF TOPOGRAPHIC SHEETS**

*Розглянуто проблему оцінювання якості розроблених топографічних планшетів. Запропоновано систему оцінювання топографічних планшетів за сукупністю часткових кількісних та якісних показників якості.*

*Ключові слова:* топографічний планшет, якість, антитерористична операція.

*Рис.: 3. Бібл.: 8.*

*Рассмотрена проблема оценки качества разрабатываемых топографических планшетов. Предложена система оценки топографических планшетов по совокупности частичных количественных и качественных показателей качества.*

*Ключевые слова:* топографический планшет, качество, антитеррористическая операция.

*Рис.: 3. Библ.: 8.*

*We consider the problem of evaluating the quality of the developed topographical sheets. The proposed system of assessment of topographical sheets of an aggregate of partial quantitative and qualitative indicators of quality.*

*Key words:* topographic sheets, quality, anti-terrorist operation.

*Fig.: 3. Bibl.: 8.*

**Постановка проблеми.** Ведення бойових дій передбачає застосування картографічного матеріалу на район операції. Під час АТО в Україні виявилася відсутність актуального топографічного матеріалу масштабу 1:10 000 та 1:25 000 на територію Донецької та Луганської областей, що дуже потрібна для проведення операцій ланки взвод – рота – батальйон.

Починаючи з 2015 року кафедрою геодезії, картографії та землеустрою та студентами відповідного напрямку підготовки виконуються роботи з розроблення та підготовки до друку топографічних планшетів масштабу 1:10000 на райони ведення АТО Донецької та Луганської областей. Потреба Збройних сил України в таких планшетах обґрунтовувалася у [1], де також висвітлювалися основні проблеми, що виникали під час їх створення. Проте не менш важливою, ніж розроблення планшета виявилася перевірка якості та оцінка придатності планшета. Для цього ми розробили систему оцінювання якості топографічного планшета.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У [2] проаналізовано технологічні методи створення та оновлення топографічних карт, які використовуються командирами для прийняття рішень на тактичному рівні та показана необхідність швидкого застосування цифрових і електронних карт в геоінформаційних системах військового призначення. Поставлене завдання можливого оновлення, оцінювання та поповнення растрових топографічних карт розглядається у статті [3], питання використання паперових, цифрових і електронних топографічних карт залежно від точності визначення координат точок відображено у статті [4]. У [5] порушується питання картографічного забезпечення бойових дій військових підрозділів ЗСУ та дається оцінка цивільній картографо-геодезичній службі.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Питаннями розроблення топографічних карт займаються спеціалізовані підприємства цивільної картографо-геодезичної та військово-топографічної служби. За відсутності досвіду, але бажанням допомогти підрозділам ЗСУ, колектив Інженерно-будівельного факультету розпочав роботу з виконання топографічних планшетів. Проте не було виявлено чіткої системи оцінювання, яка б дозволяла кількісно оцінити придатність топографічного планшета та якість роботи виконавця.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є розроблення системи оцінювання якості топографічних планшетів.

**Виклад основного матеріалу.** Починаючи з весни 2014 року підрозділи ЗСУ та інші військові формування України ведуть активні бойові дії спрямовані на захист нашої держави від російсько-терористичних сил на сході України. На момент початку бойових дій забезпечення і стан озброєння та військової техніки, а також оснащення ЗСУ оцінювалося фахівцями як незадовільно. До всіх проблем додалася проблема відсутності актуального та достовірного картографічного забезпечення районів ведення бойових дій. Існуючі карти Генерального штабу масштабу 1:200 000 були застарілими, дрібними та інформаційно ненаповненими, що зробило їх непридатними (обмежено придатними) для планування та ведення бойових операцій ланки взвод – рота – батальйон, а також активної артилерійської підтримки підрозділів. Для допомоги захисникам України, як у більшості інших сфер забезпечення військових підрозділів та інших формувань, до справи підключилися волонтери-картографи, об'єднані в спільноту «Картографічна сотня». До цієї ж справи, за співпрацею з «Картографічною сотнею» через їх представників Г. О. Городисського (колишнього викладача кафедри) та А. Вакулєнко (випускниці Інженерно-будівельного факультету), підключився колектив кафедри «Геодезії, картографії та землеустрою» та студенти Інженерно-будівельного факультету Чернігівського національного технологічного університету. Розроблення топографічних планшетів масштабу 1:10 000 територій проведення АТО Донецької та Луганської областей почалася із січня 2015 року та проводилась студентами 4 і 5 курсів під керівництвом викладачів кафедри. Роботи виконувались (та виконуються досі) за допомогою ГІС ArcInfo пакета ArcGIS з залученням геопросторових даних відкритих ресурсів OpenStreetMap та сервісу SASPlanet з використанням, як правило, космоснімків Google Earth, Google Maps у системі координат WGS 84. На сьогодні нашим колективом виконано вже більше 500 планшетів.

Однак у ході виконання планшетів виникли певні проблеми, які потребували поточного вирішення, а саме:

1. Виявилось, що космоснімки сервісів Google розроблюваних районів мали неоднорідну якість на зону картографування. Через те, контрастність, а відповідно і сприйманість інформації на окремих планшетах значно погіршувалась. Відносно часто спостерігалась наявність атмосферних завад, як-то окремі невеличкі хмарки. Використання космоснімків інших сервісів, як-то Bing Maps, DigitalGlobe, «Космоснімки», Яндекс.карты, Yahoo! Maps, VirtualEarth, Gurtam, OpenStreetMap, eAtlas, iPhone maps рідко могло покращити ситуацію через їх помітно гіршу якість (контрастність, спектральний діапазон, просторова розривненість тощо).

2. Інформаційне наповнення ресурсу OpenStreetMap, що було основою топографічних об'єктів місцевості, а саме кордони держави та інших адміністративно-територіальних утворень, доріг, об'єктів інфраструктури населених пунктів, водних об'єктів було неповним та/або неточно координованим відносно істинного положення об'єктів, до того ж іноді виконано з доволі великим кроком сегментації лінійних об'єктів. Відповідно відсутня інформація додавалася самостійно, в ручному режимі векторизації даних наявного космоснімку. Також необхідне додаткове оформлення окремих елементів аркушу карти, як-то покажчики відстані та назв міст на дорогах, що переходять на суміжні планшети, назви населених пунктів, річок, інших географічних об'єктів тощо.

3. Внаслідок масштабності роботи та доволі стислих термінів на розроблення планшетів, до роботи були залучені студенти старших та випускних курсів. Відповідно, якість виконання планшетів була різною (приклад помилок наведений на рис. 1), що пов'язано з різною навченістю студентів та набутою кваліфікацією з картографії та роботи з ГІС. Звідси

виникла задача оцінювання якості виконання планшета з погляду його функціональної придатності і з погляду оцінювання якості виконання практичної роботи студентом. З набуттям студентами досвіду з розроблення планшетів якість їх виконання суттєво підвищувалась, але все одно проблема оцінювання якості планшетів залишилася.

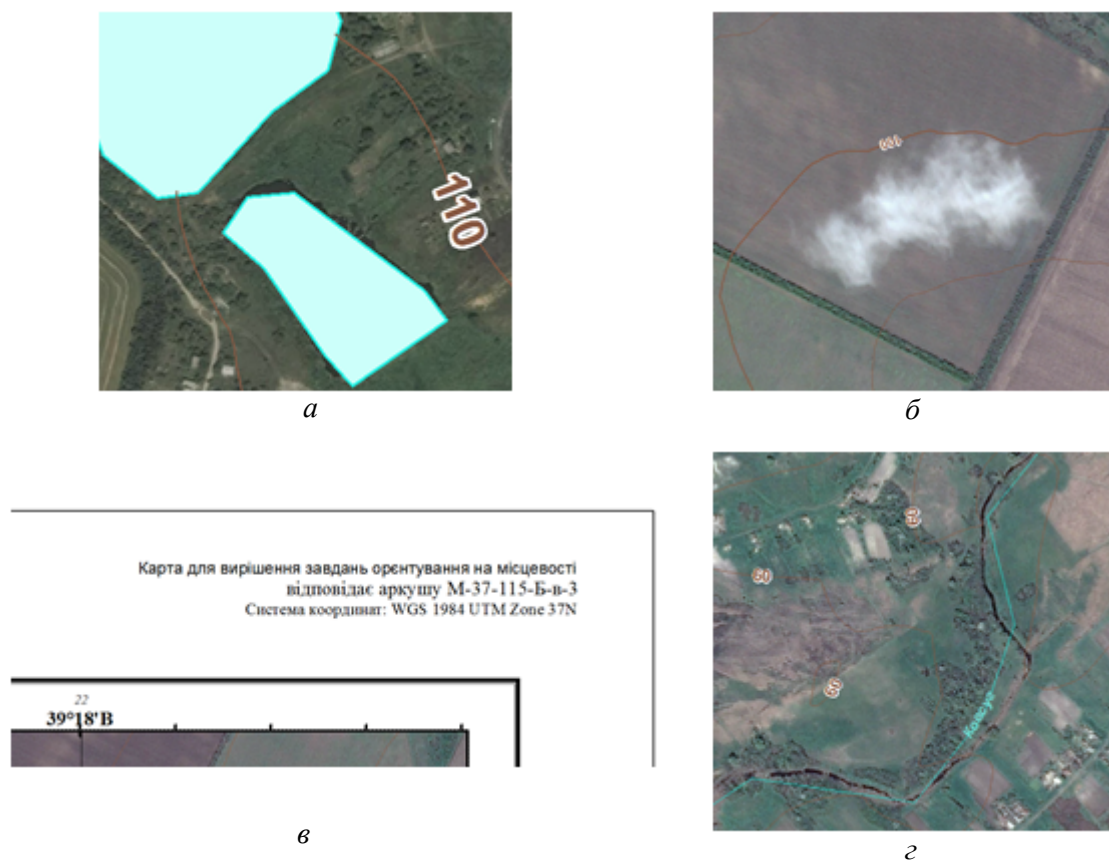


Рис. 1. Приклади неякісного виконання планшетів (фрагменти):

а – неточність у нанесенні водного об'єкта; б – завада у вигляді хмари; в – помилка у паспорті карти; г – зavelикий крок дискретизації під час нанесення водного об'єкта

Отже, розглянемо проблему оцінювання якості топографічних планшетів докладніше. Незалежно від призначення, форми та масштабу топографічні карти повинні задовольняти таким основним вимогам [6]: достовірно і з відповідною до масштабу точністю й повнотою відобразити стан місцевості на рік створення карти в чинних умовних знаках; забезпечувати визначення з відповідною до масштабу точністю прямокутних та географічних координат, абсолютних і відносних висот об'єктів місцевості, їхніх кількісних та якісних характеристик, а також давати можливість проводити інші картометричні роботи; бути зведеними та узгодженими за межами за всіма елементами змісту між суміжними аркушами карт одного масштабу; бути узгодженими за основними елементами змісту між аркушами карт суміжних масштабів; бути наочними і зручними в користуванні, давати можливість сприйняття та оцінювання інформації про місцевість та орієнтування на ній.

Якщо проаналізувати ці вимоги з погляду критеріїв оцінювання якості картографічної продукції то видно, що вони поділяються на дві групи: кількісні та якісні оцінки. Кількісні оцінки цифрових карт, як правило, даються за допомогою таблиць для оцінки точності планового розташування, де наведені максимально припустимі середні квадратичні похибки розташування об'єктів та розрахунків для обчислення одиничного показника якості, що визначається для кожного показника. В кінцевому рахунку у кількісній формі оцінка виражається одним числом – значенням показника якості, що відбиває визначену

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

сукупність властивостей продукції. Якісні оцінки не виражаються остаточним числом, але характеризуються якісними показниками: задовільно/незадовільно.

За цих міркувань якість топографічного планшета з погляду функціональної придатності можна описати цільовою функцією якості виду:

$$\Phi = \begin{cases} \forall \phi^v : \phi_i^v \geq \phi_{i \text{ norm}}^v \\ \forall \phi^q : \phi_i^q = 1 \end{cases}, \quad (1)$$

де  $\phi^v$  – кількісні показники якості, де для кожного  $i$ -го  $\phi_i^v$  кількісне значення якості не менше заданого  $\phi_{i \text{ norm}}^v$  (слід зауважити, що обмеження по кількісних показниках може бути як не менше, так і не більше, наприклад: крок дискретизації лінійних об'єктів на карті не більше ніж);

$\phi^q$  – якісні показники придатності карти, де для кожного  $i$ -го  $\phi_i^q$  задовольняється вимога якості, інакше  $\phi_i^q = 0$  (наприклад, вимога існування шару з рельєфом місцевості).

Очевидно, що топографічний планшет вважатиметься за умовою (1) придатним, коли задовольняються всі  $\phi^v$  і  $\phi^q$ .

Інакше ставиться вимога по оцінці практичної роботи студента з виготовлення планшета. Для об'єктивного оцінювання слід враховувати кількість помилок, які в подальшому продукується в балову оцінку. При цьому оцінка  $S_\Phi$  за виконаний планшет для студента становить:

$$S_\Phi = S_{\max} \left( 1 - \left( \frac{\sum (\phi_i^v : \phi_i^v < \phi_{i \text{ norm}}^v)}{\sum \phi_i^v} + \frac{\sum (\phi_i^q : \phi_i^q = 0)}{\sum \phi_i^q} \right) \right),$$

де  $S_{\max}$  – максимальна кількість балів, яка може бути виставлена студенту за планшет.

Розглянемо докладніше показники якості, за якими виконується оцінювання якості планшета. Склад цільової функції якості планшета (1) представимо у вигляді дерев кількісних (рис. 2) та якісних (рис. 3) оцінок.

З огляду на різноманіття показників, за якими виконується кількісне оцінювання, та необхідність одержання оцінки по кожному окремому показнику якості, який оцінює множини об'єктів, доцільно ввести відносну величину – одиничний  $i$ -тий показник якості виду

$$s_i^v = 1 - \frac{\sum (\phi_i^v : \phi_i^v < \phi_{i \text{ norm}}^v)}{\sum \phi_i^v}. \quad (2)$$

Чисельник цього показника визначає абсолютну кількість об'єктів з похибками (може виражатися сумою об'єктів з похибками різного типу), знаменник – загальну кількість об'єктів топографічного планшета.

Для кількісного визначення якості космознімку здійснюється оцінювання площі, зайнятої завадою або погіршеної якості

$$s_i^v = 1 - \frac{S_d}{S_\Sigma},$$

де  $S_d$  – площа дефекту на космознімку;

$S_\Sigma$  – загальна площа космознімку.

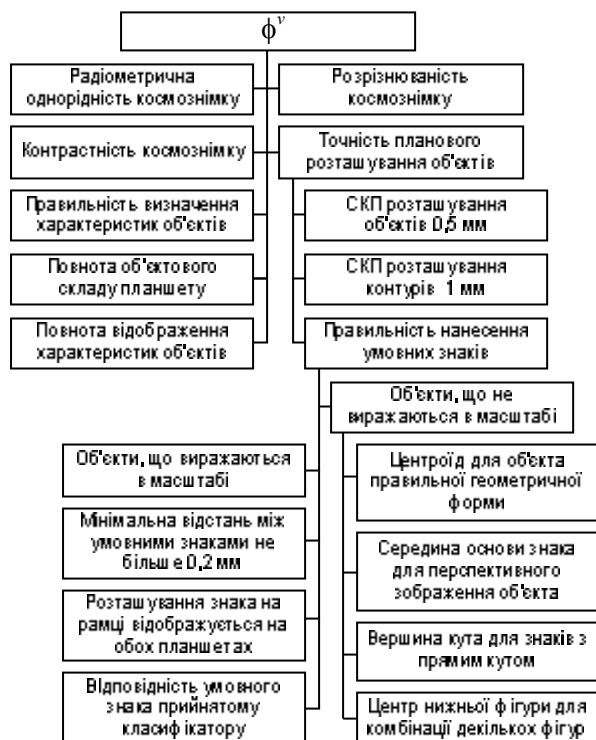


Рис. 2. Дерево показників кількісного оцінювання якості топографічного планшета



Рис. 3. Дерево показників якісного оцінювання топографічного планшета

Одиничний показник якості для критеріїв якісного оцінювання визначається таким чином

$$s_i^q = 1 - \frac{\sum(\phi_i^q : \phi_i^q = 0)}{\sum \phi_i^q}$$

Аналогічно до (2) чисельник характеризує абсолютну кількість об'єктів, позначених з помилками, знаменник загальну кількість об'єктів.

Подальший розвиток такої системи оцінювання, на нашу думку, пов'язаний з декомпозицією показників якості та встановлення ієрархії помилок за їх впливом на якість топографічного планшета. Для встановлення ваг параметрів карти можна скористатися підходами, що даються у [7; 8].

**Висновки і пропозиції.** Запропонована система оцінювання топографічних планшетів спроможна дати два показники якості планшета: оцінку придатності планшета до використання та оцінку роботи виконавця планшета (що може використовуватись при поточному оцінюванні студента). Оцінювання здійснюється як за кількісними, так і за якісними частковими критеріями якості різних елементів карти. Запровадження цієї системи у процесі виготовлення планшетів дозволило об'єктивно підійти як до визначення придатності топографічного планшета, так і до оцінювання якості його виконавця.

#### Список використаних джерел

1. Корнієнко І. В. Досвід створення топографічних планшетів масштабу 1:10 000 Донецької та Луганської областей / І. В. Корнієнко, В. В. Розумець // Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі : Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів (м. Чернігів, 28 квітня 2015 р.) : тези доповідей. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2015. – С. 165–167.
2. Гребенюк Т. М. Порівняльна характеристика методів створення топографічних карт для АСУ військового призначення / Т. М. Гребенюк // Військово-технічний збірник. – 2010. – Вип. 3. – С. 41–44.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

3. *Абдаллах Р.* Оцінка точності топографічних растрових карт Іраку / Р. Абдаллах // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2015. – Вип. 1. – С. 152–155.

4. *Лубенець Л. С.* До питання точності паперових та електронних карт / Л. С. Лубенець, О. І. Мороз, З. Р. Таргачинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2011. – Вип. 74. – С. 44–47.

5. *Сосса Р.* Куди рухаються геодезія і картографія в Україні? [Електронний ресурс] / Р. Сосса, І. Тревого // Дзеркало тижня. – 2016. – 29 січня (№ 3). – Режим доступу : [http://gazeta.dt.ua/technologies/kudi-ruhayutsya-geodeziya-i-kartografiya-v-ukrayini-\\_html](http://gazeta.dt.ua/technologies/kudi-ruhayutsya-geodeziya-i-kartografiya-v-ukrayini-_html).

6. *Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500* [Електронний ресурс] : Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України № 3 від 24.01.94 р. – Режим доступу: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php#p6>.

7. *Корнієнко І. В.* Підхід до розв'язування задачі розподілу ресурсу в неточно визначених умовах / І. В. Корнієнко, В. М. Лось, С. П. Корнієнко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – 2011. – № 83 – С. 36–39.

8. *Корнієнко І. В.* Спосіб автоматизації процесу експертного оцінювання земельних ресурсів / І. В. Корнієнко // Технічні науки та технології. – 2015. – № 2 (2). – С 129–134.

**Корнієнко Ігор Валентинович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Корниенко Игорь Валентинович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Korniienko Ihor** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Geodesy, Cartography and Land Planning Department, Chernihiv National University of Technology (4 Bielova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: cornel@ukr.net

**Розумець Володимир Валерійович** – студент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Розумец Владимир Валерьевич** – студент, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Rozumets Volodymyr** – student, Chernihiv National University of Technology (4 Bielova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: rozumez@ukr.net

УДК 629.7.01

*Сергій Нестеренко, Андрій Акименко, Оксана Герасименко,  
Юрій Камак, Максим Геращенко*

## **ФУНКЦІОНАЛЬНА СТРАТИФІКАЦІЯ СТРУКТУР СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Сергей Нестеренко, Андрей, Акименко, Оксана Герасименко,  
Юрий Камак, Максим Геращенко*

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ СТРУКТУР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

*Sergiy Nesterenko, Andrii Akymenko, Oksana Gerasimenko, Yuri Kamak, Maksim Gerashchenko*

## **FUNCTIONAL STRATIFICATION OF THE UNMANNED AVIATION VEHICLES CONTROL SYSTEM'S STRUCTURES**

*Наявні структури систем керування сучасних безпілотних авіаційних міні- та мікрокомплексів (МБПАК) відповідають способам їх практичного використання, які стали типовими на цей час. Разом з тим зростання вимог до автономності та оперативності функціонування останніх вимагає розширення функціональної структури систем керування МБПАК.*

*Роботу присвячено описові розширеної функціональної структури системи керування, яка одержується через введення додаткового о інтелектуального рівня до наявних рівнів напівавтоматичного та ручного керування МБПАК. Наведено переліки типових можливих операцій (команд) на кожному рівні запропонованої функціональної структури.*

**Ключові слова:** безпілотні авіаційні комплекси, системи керування, функціональна стратифікація.

*Рис.: 2. Бібл.: 8.*

Существующие структуры систем управления современных беспилотных авиационных мини- и микрокомплексов (МБПАК) соответствуют способам их практического использования, которые стали типичными в настоящее время. Вместе с тем рост требований к автономности и оперативности функционирования последних требует расширения функциональной структуры МБПАК.

Работа посвящена описанию расширенной функциональной структуры системы управления, которая получается путем введения дополнительного интеллектуального уровня к существующим уровням полуавтоматического и ручного управления МБПАК. Приводятся перечни типовых возможных операций (команд) на каждом уровне предложенной функциональной структуры.

**Ключевые слова:** беспилотные авиационные комплексы, системы управления, функциональная стратификация.

Рис.: 2. Библ.: 8.

The existing structures of modern control systems of unmanned aviation mini and micro systems (MUAS) correspond to their practical use that have become typical at this time. However, the growing requirements of autonomy and efficiency of their operation require the further expansion of the functional structure MUAS.

The work describes the extended functional structure of the control system, which is obtained by introducing additional intellectual level to the existing levels of semi-automatic and manual MUAS control. The lists of possible standard operations (commands) at each level of the proposed functional structure are given as well.

**Key words:** unmanned aviation systems, control systems, functional stratification.

Fig.: 2. Bibl.: 8.

**Постановка проблеми.** Безпілотні лігальні апарати (БПЛА) набули сьогодні широкого розповсюдження як у цивільній сфері [1], так і для вирішення специфічних завдань [2; 3]. Застосування безпілотних лігальних апаратів вимагає наявності значної кількості допоміжних технічних засобів, тому зазвичай розглядаються не ізольовані БПЛА, а безпілотні авіаційні комплекси (БпАК), куди БПЛА входять як головний компонент. Особливого розповсюдження набули БпАК на базі малих та середніх БПЛА завдяки їх порівняно меншій вартості та більш простого використання. У цій статті досліджується структура систем керування (СК) саме цього класу БпАК.

Типові способи використання БпАК, які склалися у практиці на цей період їх технічної еволюції, не повністю відповідають вимогам підвищення оперативності використання БпАК та ускладнюють їх (вбудову) інтеграцію до сучасних автоматизованих (інтелектуальних) систем керування вищих рівнів (СКВР). Тому актуальним є завдання розроблення перспективних, більш розвинених, структур систем керування безпілотними авіакомплексами, здатних більш адекватно реагувати на сучасні виклики.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Системи керування робототехнічними комплексами з самого початку кваліфікувались як складні, тому дослідники докладали значних зусиль у намаганнях виконати їх ефективну декомпозицію з метою звести рішення великих проблем до суми вирішень більш простих складових.

Широко цитована робота Е. Гата [4] присвячена опису методології та результатів досліджень СК роботів, які ґрунтуються як на критикованому ним підході «відчуття-планування – дія», так і на концепції «архітектури підпорядкування», в якій верхній рівень керування має більший пріоритет, ніж підпорядкований йому, і має можливість нав'язувати останньому певну поведінку. Аналізуючи характер алгоритмів, які практично використовуються у СК роботів, автор доходить висновку, що їх можна стратифікувати на такі рівні:

а) «реактивні» керуючі алгоритми, які не зберігають інформацію про внутрішній стан робота і напряму відображають дані сенсорів на виконавчі сервоприводи (актуатори);

б) алгоритми, які значною мірою використовують інформацію про внутрішній стан робота, організують виконання послідовностей підпрограм керування його поведінкою, але не виконують часозатратних операцій інформаційного пошуку;

в) часовитратні (порівняно зі швидкістю зміни навколишнього середовища) алгоритми, виконання яких вимагає операцій інформаційного пошуку.

Рівень (а) автор [4] називає «контроллер» (Controller – «той, що керує»), рівень (б) – «сенсор» (Sensor – «виконує послідовностей»), а рівень (в) – «делібератор» (Deliberator – «розмірковувач»). Перелічена послідовність відповідає зростанню ступеня абстракції керування, відповідно – зростанню архітектурного рівня.



Описана в [5] еталонна архітектурна модель 4D/RCS створювалась, на думку її авторів, щоб «включати до себе всі системи, які знадобляться для досягнення в майбутньому певних цілей або кінцевих результатів» у галузі проектування та інтеграції програмного забезпечення для безпілотних транспортних засобів. Тобто робота [5] деякою мірою претендує на певну багатоосязність. Як одна з головних концепцій 4D/RCS постулює планування поведінки системи, ґрунтуючись, скоріше, на побудованій моделі світу, ніж тільки на обробленні вихідних сигналів датчиків.

Незважаючи на порівняно глибоку теоретичну проробленість архітектури 4D/RCS, вона є справедливо критикованою з двох причин. Перша причина – те, що планування поведінки об'єкта керування в цій архітектурі виконується на основі знання не про реальний світ, а про його побудовану модель. Друга причина критики у своїй основі має помітні часові витрати на виконання обчислень. Оскільки зовнішнє оточення динамічно змінюється, то результати обчислень за цей час можуть виявитися неактуальними на момент їх готовності.

Практика створення та наукові дослідження у галузі мобільних роботів після 2000 року доповнилися широким спектром робіт з безпілотних авіаційних комплексів різноманітного призначення і конструкції [1; 2; 3]. Розглянемо роботу [6], яка описує досить сталі на сьогодні погляди на архітектуру БпАК, зокрема гелікоптерного типу. Як й у вищезгаданих роботах, автори пропонують трирівневу реактивно-деліберативну архітектуру «HDRC3», схематично показану на рис. 1.

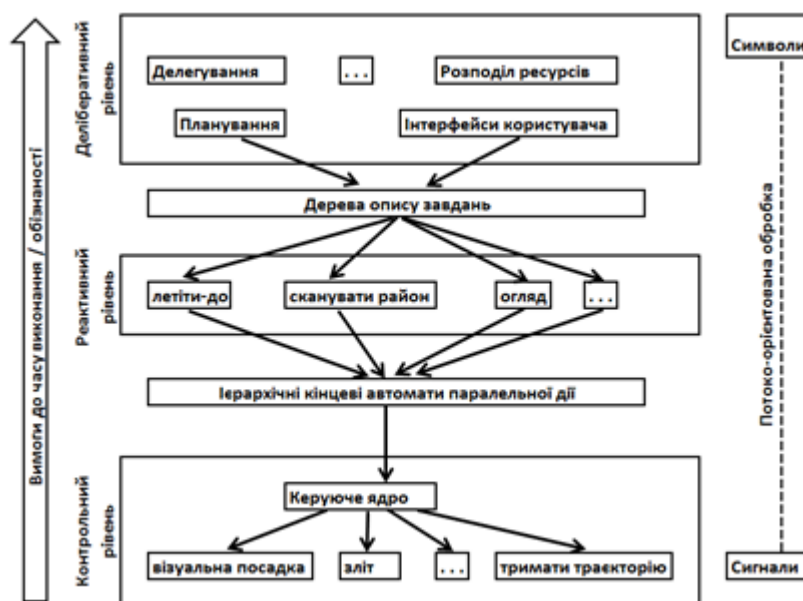


Рис. 1. Трирівнева архітектура «HDRC3» СК БпАК гелікоптерного типу за [6].  
Термін «реактивний рівень» відповідає терміну «секвенсор» у [4]

Описані в [6] експериментальні польоти безпілотного гелікоптера Yamaha RMAX, система керування якого була побудована відповідно до HDRC3, показали практичну цінність сформульованих авторами теоретичних положень. Згадані положення відкривають можливість подальшого вдосконалення архітектур систем керування БпАК у напрямку їх більш адекватної інтеграції в системи управління більш високих рівнів, а саме командно-організаційні. Робота [6] таких підходів не містить, хоча в цьому напрямку наявний великий практичний і науковий інтерес.

Робота [7] також розглядає принципи побудови багаторівневих архітектур систем управління БПЛА, які спираються на добре зарекомендований практикою підхід функціональної декомпозиції. Зазначаючи, що ідея дворівневих реактивно-деліберативних архітектур у робототехніці не нова, автори висловлюють своє критичне ставлення до

об'єднання в межах одного деліберативного рівня модулів вирішення «широкого спектра задач», що, на їх думку, «призводить до надмірного ускладнення модульної архітектури». Таким чином, автори, по суті, доходять висновків [4; 6] про трирівневу архітектуру за тією відмінністю, що рівням даються дещо інші назви. Як і в [4], критерієм виділення рівня в архітектурі СК БПЛА вважається «ступінь обробки вхідної інформації і час відгуку», що, на нашу думку, є цілком прийнятним.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Огляд літературних джерел, наведений вище, дозволяє стверджувати, що сучасний сталий погляд на архітектуру системи керування БпАК полягає у виділенні трьох рівнів – рівня фізичного керування виконавчими механізмами (рівень «контроллер»), реактивного рівня («сенсор») та деліберативного рівня. Ці рівні розрізняються рівнем абстрактності інформації, яка ним обробляється, та часом реакції (відгуку). Для використання БпАК у режимі ручного управління цього достатньо.

Тенденція розвитку систем керування БпАК та способів їх застосування скерована в напрямку підвищення ступеня автономності їх роботи та розширення функціональності. Нині існує чітка тенденція розвитку систем керування БпАК та способів їх застосування в напрямку підвищення ступеня автономності їх роботи та розширення функціональності. У зв'язку з цим виникає потреба у критичному перегляді поглядів на архітектуру СК БпАК з погляду надання їй більшої відповідності перспективним умовам їх використання. Розглянуті джерела не містять пропозицій щодо вирішення цієї проблеми.

**Мета статті.** Метою цієї роботи є опис розширеної структури системи керування БпАК, адаптованої для використання в організаційно-технічних системах управління в умовах швидкої зміни ситуації та узагальненого формулювання оперативних завдань.

**Головною метою цієї роботи** є виділення в структурах систем керування БпАК таких рівнів (шарів), наявність яких дозволить підвищити автономність та реактивність СУ БпАК, створити передумови інтеграції БпАК в СКВР. Для кожного з рівнів СК БпАК треба надати перелік типових операцій (команд), релевантних кожному рівню.

**Виклад основного матеріалу.** Безпілотні авіаційні комплекси на цьому історичному періоді переживають інтенсивний розвиток, причому головний акцент останнього виразно знаходиться у площині удосконалення систем керування. Системи керування БпАК все виразніше набувають рис інтелектуальних комп'ютерних систем із складною поведінкою.

Розглядаючи типовий сценарій використання БпАК у сучасних умовах, можна визначити таких акторів (виключаючи допоміжний персонал):

- замовник місії;
- адміністратор комплексу;
- оператор (зовнішній пілот) БПЛА.

Ролі акторів у стандартному випадку розподіляються таким чином.

Замовник місії визначає її мету, а також маршрут і тривалість польотів. Він же оцінює результат виконання місії.

Адміністратор комплексу формує польотні завдання під час підготовки місії, вносить їх до пам'яті комп'ютерів комплексу, супроводжує польоти через наземну станцію керування (НСК), за необхідності оперативно змінює польотні плани під час їх виконання, керує роботою корисного навантаження БПЛА (відеокамер тощо).

Оператор (зовнішній пілот) комплексу забезпечує виконання зльоту БПЛА, допомагає адміністратору біля наземної станції керування під час виконання місії, та забезпечує коректне виконання процедури приземлення БПЛА за допомогою пульта дистанційного керування (ПДК).

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Типовий сценарій місії БпАК полягає у виконанні такої послідовності дій:

- а) замовник місії формує мету виконання місії (виконує цілепокладання) та повідомляє її адміністратору комплексу;
- б) адміністратор формує польотний план та вводить його до пам'яті комп'ютерів БпАК;
- в) пілот виконує зліг БПЛА;
- г) виконується поліг. Адміністратор та пілот з НСК керують польотом, відстежують хід виконання місії;
- д) адміністратор вносить корективи до процесу виконання польоту (за ініціативою замовника місії та/або у зв'язку із зміною зовнішніх обставин);
- е) пілот на кінцевій стадії польоту в ручному режимі з використанням ПДК виконує посадку БПЛА;
- є) замовник місії та адміністратор аналізують результати виконання місії, оцінюють її результативність.

Описана група дій характеризується значною кількістю ручних операцій, що знижує оперативність використання БпАК та ускладнює інтеграцію БпАК до сучасних автоматизованих (інтелектуальних) систем керування більш високого рівня.

Різні аспекти використання систем керування безпілотних авіаційних комплексів логічно пов'язані між собою досить складним чином. На рис. 2 зображено графічну інтерпретацію цих взаємозв'язків.

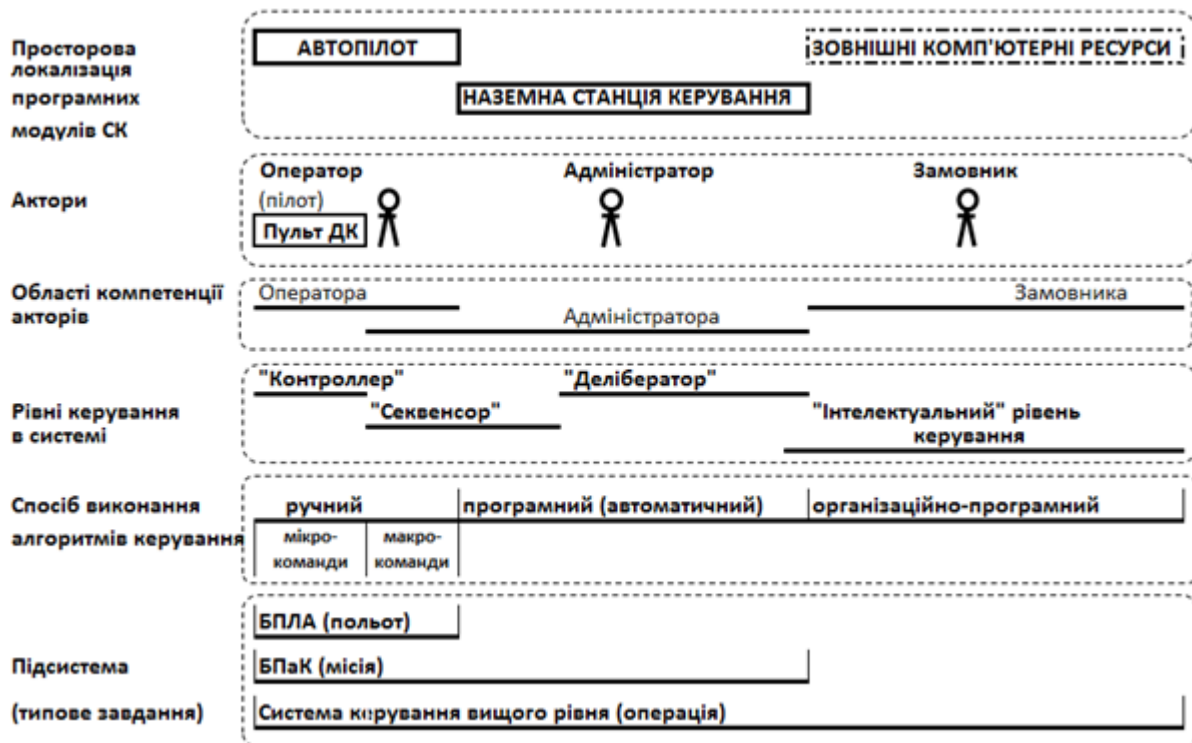


Рис. 2. Логічне зіставлення різних аспектів функціонування системи керування БпАК. Термінологія та семантика рівнів керування в системі відповідають [4]

На нашу думку, наявність в системі замовника місії, який планує операцію і видає завдання на виконання місії БпАК, приводить до необхідності вводити до системи керування додатковий рівень, умовно названий тут «інтелектуальним». На цьому рівні виконується програмно-організаційне планування операції, а вхідні дані на виконання місії БпАК передаються, за наявності відповідних інтерфейсів, кодованим способом з використанням каналів комп'ютерного зв'язку. Це значно підвищує оперативність функціонування системи загалом, зменшує час її реакції на зовнішні події. Особливо ак-

туальним цей аспект є з огляду на те, що все більша увага приділяється [8] можливості цілепокладання без участі людини під час планування навіть відповідальних операцій.

Другою особливістю, яка не згадується в літературних джерелах, є те, що ручний режим керування БПЛА реалізується, фактично, на двох рівнях. Вищий рівень («макрокоманди») подаються адміністратором з НСК і за змістом являють собою, наприклад, інструкції на зразок «лягти на курс 225», «змінити висоту польоту на 150 м».

Нижній рівень ручного управління оперує «мікрокомандами», які найчастіше подаються з ПДК («вправо-вліво», «вверх-вниз», «збільшити-зменшити газ»). У зв'язку з викладеним констатуємо, що області компетенції оператора та адміністратора частково перекриваються.

На рівні системи керування «Контроллер» процес керування реалізується через потоки обчислень у «прошивці» автопілота і, найчастіше, зводиться до функціонування пропорційно-інтегрально-диференціальних регуляторів, які забезпечують автоматичний політ за заданими параметрами. На цьому ж рівні сприймаються і виконуються згадані вище мікрокоманди.

На рівні системи керування «Секвенсор» виконуються програми імплементації заданого плану польоту, вводяться та передаються на рівень «Контроллер» макрокоманди.

На рівні «Делібератор» виконується ручне або автоматичне планування маршруту польоту та початкова перевірка готовності комплексу перед початком виконання місії. На цьому ж рівні виконується корекція плану польоту у процесі його виконання. Крім того, процедури цього рівня сприймають кодовані завдання від СКВР на виконання місії та передають вхідні дані автоматичному планувальнику польоту. Після виконання місії «Делібератор» передає кодоване донесення до СКВР.

На інтелектуальному рівні системи керування виконується цілепокладання для виконання місії на підставі високорівневого опису операції, формується та передається кодоване завдання на виконання місії. Після виконання місії приймається та обробляється кодоване донесення про її результати.

Треба зауважити, що взаємодія рівнів «Делібератор» та інтелектуального повинна виконуватись з використанням спеціального протоколу, розроблення якого є ще не вирішеною технічною задачею.

**Висновки і пропозиції.** Коректний логічний розподіл архітектури системи керування сучасним БпАК на функціональні рівні (стратифікація) дозволяє виконати адекватне вертикальне структурування комп'ютерного програмного забезпечення, яке імплементує функціональність СК БпАК. Актуальним є розширення традиційної трирівневої архітектури СК додатковим верхнім інтелектуальним рівнем, в якому доцільно реалізовувати дії з автоматичного (напівавтоматичного) цілепокладання та автоматичного планування місії на базі наявних для цього ресурсів.

#### Список використаних джерел

1. Herlik E. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for commercial applications global market & technologies outlook 2011–2016. Technical report, Market Intrel Group LLC, 2010.
2. Білецький І. Г. Особливості застосування безпілотної розвідувальної авіації в сучасних воєнних конфліктах / І. Г. Білецький, В. В. Андронов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2010. – № 1 (3). – С. 79–85.
3. Пащук Ю. М. Тактичні безпілотні авіаційні комплекси: можливості та обмеження у застосуванні / Ю. М. Пащук, Ю. П. Сальник // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 1 (18). – С. 23–28.
4. Gat E. On Three-Layer Architectures. /Artificial intelligence and mobile robots.– MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1998 – Pp. 195–210.
5. James Albus et al. 4D/RCS: A Reference Model Architecture For Unmanned Vehicle Systems Version 2.2. NIST, August 2002.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

6. *Doherty P., Kvarnstrom J., Wzorek M., Rudol P., Heintz F., Conte G.* HDRC3: A Distributed Hybrid Deliberative/Reactive Architecture for Unmanned Aircraft Systems / Handbook of Unmanned Aerial Vehicles. Ed. by Valavanis K.P., Vachtsevanos G.J. – Dordrecht: Springer Science+Business Media, 2015. – Pp. 849–952.

7. Принципы построения многоуровневых архитектур систем управления беспилотными летательными аппаратами / К. С. Яковлев, Д. А. Макаров, А. И. Панов, Д. В. Зубарев // Авиационное приборостроение. – 2013. – № 4. – С. 10–28.

8. *The ethics of killer robots, Spotts P.* The Christian Science Monitor [Електронний ресурс]. – June, 17, 2015. – Режим доступу : <http://www.csmonitor.com/layout/set/print/USA/Military/2015/0617/The-ethics-of-killer-robots>.

**Нестеренко Сергій Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Нестеренко Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Nesterenko Segiy** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** nesterenkosa@stu.cn.ua

**Акименко Андрій Миколайович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Акименко Андрей Николаевич** – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Akyumenko Andrii** – PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** akim@stu.cn.ua

**Герасименко Оксана Юрійвна** – магістр комп'ютерної інженерії, аспірант кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Герасименко Оксана Юрьевна** – магистр компьютерной инженерии, аспирант кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Gerasimenko Oksana** – master in computer engineering, PhD student of the Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** oksgerasymenko@gmail.com

**Камак Юрій Олександрович** – начальник відділу Державного науково-випробувального центру Збройних Сил України (вул. Стрелецька, 1, м. Чернігів, 14033, Україна).

**Камак Юрий Александрович** – начальник отдела Государственного научно-испытательного центра Вооруженных Сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, г. Чернигов, 14033, Украина).

**Kamak Yuri** – Head of Division in the State Scientific and Testing Centre of the Armed Forces of Ukraine (1 Striletska Str., 14033 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** dnvc@meta.ua

**Герашенко Максим Михайлович** – провідний інженер-випробувач, Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України (вул. Стрелецька, 1, м. Чернігів, 14033, Україна).

**Герашенко Максим Михайлович** – ведущий инженер-испытатель, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных Сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, г. Чернигов, 14033, Украина).

**Gerashchenko Maksim** – Leading Testing Engineer, The State Scientific and Testing Centre of the Armed Forces of Ukraine (1 Striletska Str., 14033 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** demio99@ukr.net

УДК 528.3

*Олексій Терещук, Іван Нисторяк***ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБЛЕННЯ ТА АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ GNSS-СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ***Алексей Терещук, Иван Нисторяк***ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ GNSS-НАБЛЮДЕНИЙ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ***Oleksiy Tereshchuk, Ivan Nystoriak***MODERN TECHNOLOGIES OF PROCESSING AND RESULTS ANALYSIS OF GNSS-OBSERVATIONS ON THE REGIONAL LEVEL**

*Досліджено різні програмні комплекси та технології оброблення даних статичного й кінематичного позиціонування за результатами супутникових спостережень, отриманих у межах GNSS-кампанії регіонального рівня.*

*Зауважено, що існує незначна залежність точності позиціонування статичного ровера, який перебуває в зоні покриття мережі, від міжбазової відстані до 100 км. Експериментально показано, що при одночастотному кінематичному позиціонуванні в зоні мережі з міжбазовими відстанями до 150 км, а від найближчої базової станції – 50–90 км, похибки координатного визначення становили ~1-3 см у плані і ~3-5 см по висоті. За межами зони покриття цієї мережі похибки позиціонування становили ~4-6 см і ~8-10 см відповідно.*

*За результатами опрацювання одночастотних і двочастотних координатних розв'язків, отриманих на пунктах Державної геодезичної мережі, подано рекомендації щодо застосування досліджуваних програмних комплексів обробки.*

**Ключові слова:** референційні станції, роверні пункти, GNSS-спостереження, оброблення результатів.

*Рис.: 2. Табл.: 6. Бібл.: 22.*

*Исследовано различные программные комплексы и технологии обработки данных статического и кинематического позиционирования по результатам спутниковых наблюдений, полученных в рамках GNSS-кампании регионального уровня.*

*Замечено, что существует незначительная зависимость точности позиционирования статического ровера, который находится в зоне покрытия сети, от межбазового расстояния до 100 км. Экспериментально показано, что при одночастотном кинематическом позиционировании в зоне сети с межбазовыми расстояниями до 150 км, а от ближайшей базовой станции – 50–90 км, погрешности координатного определения составили ~1-3 см в плане и ~3-5 см по высоте. За пределами зоны покрытия сети погрешности позиционирования составляли ~4-6 см и ~8-10 см соответственно.*

*По результатам обработки одночастотных и двухчастотных координатных решений, полученных на пунктах Государственной геодезической сети, даны рекомендации по применению исследуемых программных комплексов обработки.*

**Ключевые слова:** референционные станции, роверные пункты, GNSS-наблюдения, обработка результатов.

*Рис.: 2. Табл.: 6. Библ.: 22.*

*Different software systems and data processing technology of static and kinematic positioning satellite observations by the results obtained in the framework of GNSS-regional campaigns.*

*Notes that there are few dependence accuracy static positioning rover, which is in coverage area, from distance of 100 km. Experimentally shown that the single-kinematic positioning in the area of network distances up to 150 km, and from the nearest base station – 50–90 km coordinate determination error amounted to ~1,3 cm in the plan and ~3-5 cm in height. Outside this network positioning errors were ~4-6 cm and ~8-10 cm respectively.*

*As a result of processing of single and dual-frequency coordinate solutions obtained in points of state geodetic network, provides guidance on the use of software for processing investigated.*

**Key words:** reference station, rover points, GNSS-observations, processing results.

*Fig.: 2. Tab.: 6. Bibl. 22.*

**Постановка проблеми.** Для досягнення оптимальних результатів опрацювання спостережень на сучасному етапі розвитку супутникових технологій координатного забезпечення існує ще багато проблем, пов'язаних з дослідженням та впровадженням сучасних методів оброблення та аналізу GNSS-спостережень різними програмними комплексами. Подальші вирішення цих актуальних проблемних питань матимуть практичне втілення під час використання координат станцій для високоточних вимірювань у геодезії, землевпорядкуванні та кадастрі [2, 20], оцінці зміни положень станцій з часом, регіональних особливостях локальних спостережень тощо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Протягом останнього десятиліття фахівці, які виконують роботи із землеустрою та кадастру, переконалися у тому, що супутникові технології мають велике майбутнє, адже їх можна використовувати для визначення

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

координат у ході геодезичного забезпечення, зокрема землевпорядних та кадастрових робіт. Оброблення GNSS-спостережень вважається одним з головних кроків до точного визначення просторових координат точок на поверхні Землі.

На сьогодні сучасні супутникові технології координатного забезпечення, точне позиціонування і моніторинг навколишнього середовища посідають провідне місце [16] як при дослідженні глобальних геодинамічних процесів [7; 10; 11; 17], так і на локальному рівні – у вирішенні актуальних завдань геодезії, землевпорядження, кадастру, точного землеробства тощо [1; 3; 5; 9; 13; 14]. У цій статті розглядаються GNSS-спостереження, які були проведені нами GNSS-кампанії за розробленою методикою на 16 пунктах ДГМ, розташованих і згрупованих навколо населених пунктів Чернігів, Прилуки, Борзна, Короп і Козелець [7; 16].

Оброблення отриманих GNSS-вимірів виконувалася фахівцями ГАО НАН України та співробітниками лабораторії супутникових технологій точного позиціонування Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) [3]. Фахівці ЧНТУ й ХНУРЕ мають значний досвід спільного співробітництва, отриманий за час виконання інноваційних технічних проектів під керівництвом Головної астрономічної обсерваторії НАН України [4; 18].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Продовжуючи і надалі поглиблювати наукові здобутки у напрямку дослідження ефективності застосування супутникових технологій, удосконалення методик спостережень та їх оброблення фахівці Чернігівського національного технологічного університету (до 2014 року ЧДІЕУ) провели у Північному регіоні України GNSS-кампанію з метою проведення аналізу та вивчення можливостей впровадження програмних комплексів оброблення даних статичного й кінематичного позиціонування. Врахування впливу зовнішнього середовища на точність визначення планових координат [15] дасть можливість виконати дослідження локальних питань стійкості пунктів ДГМ [4] на регіональному рівні для цілей землеустрою та кадастру [5]. Детальна програма експериментальних дослідницьких робіт подана в [6; 8; 16].

**Мета.** Метою цієї роботи є апробація сучасних програмних комплексів та технологій оброблення даних статичного й кінематичного позиціонування та рекомендації щодо їх застосування, отриманих за результатами супутникових спостережень у межах GNSS-кампанії регіонального рівня.

**Виклад основного матеріалу.** Методика оброблення GNSS-спостережень виконувалася таким чином.

На першому етапі, використовуючи сучасний програмний комплекс ПК ОСТАВА [1], були виконані роботи з оцінювання якості кодових та фазових спостережень, що дало можливість усунути циклічні фазові зміни, відновити безперервність фазових спостережень тощо.

На другому етапі за допомогою одно- та двочастотного методів оброблення спостережень [3] виконані роботи з визначення координат пунктів та оцінки їх точності відносно референцних станцій. Далі методика опрацювання полягала у визначенні точності координат станцій і роверних пунктів з використанням ліцензійного програмного забезпечення ПК «GrafNav/ GrafNet» (NovAtel Inc. Waypoint, Канада) [19; 22]. На заключному етапі передбачалося виконати порівняльний аналіз отриманих результатів.

Попереднє оброблення GNSS-спостережень була виконана за допомогою програмного комплексу «ОСТАВА». Під час оброблення використовувалися точні оцінки ефемерид супутників у форматі SP3, які надаються міжнародним службою IGS. Кут маскуванню у поєднанні оброблення був рівним 10 градусам.

В обробку були включені спостереження від 16 роверних пунктів і трьох референцних станцій CNIV, PRYL і KORP.

Попереднє оброблення оцінки якості первинної вимірювальної інформації та аналіз графічного матеріалу, отриманого на основі результатів перших та других координатних рішень, діаграм радіовидимості супутників, зміни DOP-факторів, багатопроменевості і рівня шуму кодових та фазових спостережень на частотах L1 / L2 на кожному з пунктів дали можливість констатувати таке:

- на пунктах BRZN1, BRZN2, KORO1, KORO2, KОРP1, KОРP3 у місцях встановлення антен спостерігається підвищений рівень багатопроменевості (понад 2 м);
- на пунктах BRZN1, BRZN2 підвищений рівень багатопроменевості при кутах нижче 30° (2–4 м).

Зазначимо, що високий рівень багатопроменевості в усіх напрямках надходження радіосигналів (5–6 м) спостерігається на пунктах KORO1, KОРP1 й KОРP3, а також відчутна значна кількість пропусків у цих спостереженнях.

Для наочності аналізу приведемо графічний матеріал за результатами оброблення спостережень на одному із роверних пунктів – KОРP1 (рис. 1).

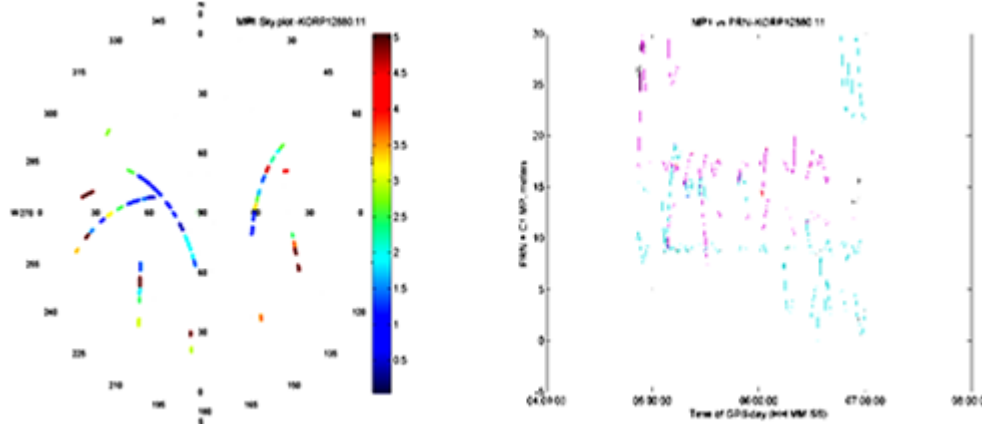


Рис. 1. Багатопроменевість та рисунок неба на частоті L1 для пункту KОРP1

Як бачимо, для цього пункту значно підвищений рівень багатопроменевості, що проглядається і на рисунку неба на частотах L1&L2. Такі результати, на нашу думку, пов'язані з несприятливими умовами спостережень, оскільки пункт KОРP1 розташовувався у густому лісі, а його зовнішній знак являв собою 24 метрову (!) металеву піраміду.

Зважаючи на те, що описані причини стосувалися й інших двох пунктів, було прийняте рішення щодо відбракування цих сеансів спостережень, оскільки при такій «якості» досягнути надійного розв'язку фазової неоднозначності (РФН) та отримати сантиметрову точність позиціонування практично неможливо.

Тому з подальшого оброблення дані спостережень на цих трьох пунктах були вилучені, а решта файлів вимірювань на референцних станціях і спостереження на 13 роверних пунктах ДГМ прийняті до опрацювання.

Після попереднього оброблення GNSS-вимірів нами визначалися координати та виконувалася оцінка точності роверних пунктів щодо станцій CNIV, PRYL і KОРP одно- і двочастотними методами при використанні ПК «ОСТАВА».

Такий комплекс дозволяє формувати масиви первинних спостережень мереж базових станцій і роверів, що пройшли попереднє оброблення, скажімо, у поширеному форматі RINEX, до яких надалі можуть застосовуватися різні методи точного позиціонування. Водночас, кінцеві продукти попереднього оброблення можуть бути дуже цінними як для операторів мереж базових станцій, що використовують дані центрів оброблення, так і користувачів, таких як наукові і навчальні заклади, компанії, що виконують геодезичні, кадастрові й інші види робіт з використанням GNSS та ін.

Користувачі, по-перше, можуть покращувати якість отримуваних ними результатів за рахунок використання початкових даних, в яких вірогідність появи аномалій у кодо-



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

вих або фазових спостереженнях значно понижена. По-друге, оцінки якості первинної вимірювальної інформації, такі як, наприклад, рівень багатопроменевих і шумових похибок кодових спостережень, можуть допомогти у підборі GNSS-апаратури та місць розташування приймальних антен на досліджуваних пунктах. По-третє, користувачам може бути доступна повна інформація про вимірювальний сеанс, включаючи дані про інтервали безперервності фазових спостережень з метою розширення або доповнення функціональних можливостей алгоритмів і програм координатного забезпечення.

Також для оброблення координатних визначень роверних пунктів ми застосовували ПК «GrafNav/GrafNet».

Програмний комплекс NovAtel GrafNav/GrafNet [22] використовується для оброблення статичних і кінематичних GNSS (GPS + ГЛОНАСС) вимірювань. Комплекс працює в операційній системі Windows і володіє простим, але водночас зручним інтерфейсом, який дозволяє швидко, точно і надійно обробляти «сирі» супутникові вимірювання. Обробляючи одночасно вимірювання мобільного (кінематичного) приймача і до 8 базових станцій, пакет дозволяє з високою точністю обчислювати координати точок під час сеансу спостережень. Можливе оброблення як одночастотних (L1) і двочастотних (L1/L2), так і спільних GPS + ГЛОНАСС даних.

За еталонні (опорні) приймалися координати референцних станцій, які отримані під час оброблення мережі перманентних станцій України фахівцями ГАО НАНУ із застосуванням ПК «Bernese GPS Software ver. 5.0».

Цей програмний комплекс розроблений Астрономічним інститутом Бернського університету (AIUB, м. Берн, Швейцарія) у 2006 р і дозволяє обробляти як кодові, так і фазові GNSS-спостереження з використанням частот L1 та L2. Одно- та двочастотні спостереження можуть оброблятися одночасно, а також є можливість використання моделі, що зменшує вплив іоносферної рефракції на визначення координат станцій та інших параметрів. Результат оброблення дає можливість отримати з високою точністю координати станцій, параметри орбіт супутників, поправки до годинників на супутниках та на приймачах, тропосферну рефракцію тощо.

Отримані координати базових референцних станцій представлені нижче в табл. 1. Тут і надалі у статті координати пунктів подаються як умовні.

Таблиця 1

Координати базових референцних станцій

	CNIV	PRYL	KORP
$X_{,м}$	3397785,1360	3425673,1167	3333261,3393
$Y_{,м}$	2066990,6699	2174035,5205	2161383,9548
$Z_{,м}$	4969811,7107	4905000,0062	4973310,1469
B, град	50,592152805	51,518939232	51,569642609
L, град	32,400444185	31,313601267	32,960552747
H, м	172,578	176,026	163,299

Значення координат базових станцій KORP та PRYL, отриманих за результатами оброблення з використанням програмних комплексів ПК «ОСТАВА»[1] та ПК «Bernese GPS Software ver. 5.0» [21] подамо у вигляді:  $(X_K^{OCT}); (Y_K^{OCT}); (Z_K^{OCT}); (X_P^{OCT}); (Y_P^{OCT}); (Z_P^{OCT})$  – значення координат базових станцій Короп і Прилуки, отриманих у результаті обробки ПК «ОСТАВА»;  $(X_K^{BRN}); (Y_K^{BRN}); (Z_K^{BRN}); (X_P^{BRN}); (Y_P^{BRN}); (Z_P^{BRN})$  - значення

координат базових станцій Короп і Прилуки, отриманих у результаті обробки ПК «Bernese GPS Software ver. 5.0».

Запишемо систему рівнянь (1) для двох базових станцій:

$$\begin{aligned} \delta X_K &= (X_K^{OCT}) - (X_K^{BRN}); & \delta X_P &= (X_P^{OCT}) - (X_P^{BRN}); \\ \delta Y_K &= (Y_K^{OCT}) - (Y_K^{BRN}); & \delta Y_P &= (Y_P^{OCT}) - (Y_P^{BRN}); \\ \delta Z_K &= (Z_K^{OCT}) - (Z_K^{BRN}); & \delta Z_P &= (Z_P^{OCT}) - (Z_P^{BRN}). \end{aligned} \quad (1)$$

Такі ж дії виконаємо для географічних координат (табл. 2):

Таблиця 2

Похибки визначення координат базових референцих станцій

Базові станції	$\delta X_i$ , м	$\delta Y_i$ , м	$\delta Z_i$ , м	$\Delta B^\circ$	$\Delta L^\circ$	$\Delta H$ , м
KORP	-0,0120	-0,0067	-0,0179	0,0018	0,0009	-0,0198
PRYL	0,0162	-0,0100	0,0139	0,0047	-0,0171	0,0188

Аналізуючи значення табл. 2, зауважуємо, що точність визначення координат базових станцій, на яких виконувалися добові спостереження, становить 1–2 см у плановому та висотному положенні, що свідчить про добру збіжність результатів оброблення двома незалежними програмними комплексами.

Далі виконувалось оброблення спостережень на роверних пунктах з використанням ПК «ОСТАВА» відносно референцих станцій CNIV, PRYL та KORP. Оброблення результатів виконували також із застосуванням програмного комплексу «GrafNav/GrafNet».

Далі розглянемо (табл. 3) формування рівниць координатних визначень для роверних пунктів у процесі оброблення результатів програмним комплексом «ОСТАВА» та «GrafNav/GrafNet». Для цього запишемо:

$$\begin{aligned} \delta X_j &= X_j^{OCT} - X_j^{GN/GN}; \\ \delta Y_j &= Y_j^{OCT} - Y_j^{GN/GN}; \\ \delta Z_j &= Z_j^{OCT} - Z_j^{GN/GN}, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $X_j^{GN/GN}$ ;  $Y_j^{GN/GN}$ ;  $Z_j^{GN/GN}$  – координатні визначення роверних пунктів за допомогою програмного комплексу «GrafNav/GrafNet»;  $X_j^{OCT}$ ;  $Y_j^{OCT}$ ;  $Z_j^{OCT}$  – координатні визначення роверних пунктів за допомогою програмного комплексу «ОСТАВА».

Таблиця 3

Відхилення координат роверних пунктів («ОСТАВА») відносно («GN/GN»)

Пункт	$\delta X_j$	$\delta Y_j$	$\delta Z_j$	$\Delta B^\circ_j$	$\Delta L^\circ_j$	$\Delta H_j$ , м
BRZN1	0,0128	-0,0306	-0,0246	-0,0005	-0,0495	-0,0272
BRZN2	0,0021	-0,0041	-0,0018	0,0014	-0,0046	0,0011
BRZN3	-0,0185	-0,0198	-0,0122	0,0149	-0,0069	-0,0233
CNIV1	0,0045	-0,0081	0,0024	0,0040	-0,0093	0,0046
CNIV2	-0,0109	-0,0037	-0,0038	0,0088	0,0025	-0,0069
CNIV3	-0,0081	0,0036	0,0020	0,0076	0,0073	0,0015
KORP2	-0,0080	-0,0077	-0,0042	0,0082	-0,0022	-0,0073
KOZL1	0,0077	-0,0143	0,0062	-0,0080	-0,0077	-0,0042
KOZL2	-0,0212	-0,0115	0,0053	0,0240	0,0011	-0,0088
KOZL3	-0,0083	-0,0105	-0,0086	0,0063	-0,0047	-0,0120
KORO2	-0,0016	-0,0090	-0,0071	0,0026	-0,0067	-0,0068
PRYL1	0,0067	-0,0147	0,0007	0,0042	-0,0160	0,0016
PRYL2	-0,0085	-0,0056	-0,0070	0,0055	-0,0002	-0,0093

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Аналіз отриманих результатів обробки GNSS-спостережень двочастотним методом за допомогою двох програмних комплексів (табл. 3-4) говорить, що похибки у визначеннях координат роверних пунктів  $\delta X_j$ ,  $\delta Y_j$ ,  $\delta Z_j$  в цілому незначні та мало відрізняються від попередніх, становлячи, в середньому від 1 до 2–3 см. Такі величини розбіжностей можна характеризувати як інструментальну точність вимірювань, що свідчить про ефективність застосування ПК «ОСТАВА» поряд з відомими сучасними комплексами обробки GNSS-спостережень.

У подальшому розглянемо результати оброблення GNSS-спостережень пунктів в одночастотному режимі. Оброблення припускало визначення координат (й оцінювання їх точності) пунктів мережі відносно референціальних станцій CNIV, PRYL і KORP в одночастотному режимі. Аналіз проводився для пунктів: BRZN2, BRZN3, KOZL2.

Метод одночастотного оброблення вимірів припускає використання GNSS-спостережень від мережі референціальних станцій, які розташовані в районі проведення супутникових спостережень [7]. У процесі оброблення GNSS-вимірів у мережі референціальних станцій формуються мережні поправки (виправлення), які використовуються під час оброблення спостережень роверних пунктів.

У процесі планування спостережень та для вивчення подальших можливостей сучасної технології оброблення супутникових спостережень нами була сформована модель мережі GNSS-пунктів [4]. Базову основу мережі формували референціальні станції CNIV, PRYL, KORP. З метою дослідження особливостей оброблення результатів вимірів при інтерполяції, так і при екстраполяції мережних поправок – два роверні пункти BRZN2 і BRZN3 були обрані усередині мережі, а один KOZL2 – за її межами.

Координати роверних пунктів отримувалися тричі – від кожної із референціальних станцій окремо. Оброблення спостережень роверів виконувалось у статичному й кінематичному режимах.

Нижче подана почерговість оброблення GNSS-спостережень:

– оброблення у двочастотному режимі GNSS-спостережень референціальних базових станцій для подальшого формування мережних іоносферних виправлень(поправок) з використанням комплексу «ОСТАВА» на базових лініях: «PRYL-CNIV», «KORP-CNIV», «PRYL-KORP»;

– порівняння результатів координатних визначень роверних пунктів двочастотним статичним методом відносно базових референціальних станцій з використанням ПК «ОСТАВА» і ПК GrafNav/ GrafNet;

– координатні визначення роверних пунктів одночастотним статичним та кінематичним методами відносно референціальних станцій з використанням ПК «ОСТАВА»;

– аналіз отриманих результатів.

Було обчислено значення координат роверних пунктів, отриманих під час оброблення спостережень одночастотним статичним методом та відносно базових референціальних станцій виконані двочастотним методом з використанням ПК «GrafNav/GrafNet». Потім проведені порівняння цих значень з координатами, отриманими під час оброблення спостережень одночастотним статичним методом з використанням ПК «ОСТАВА», а саме:

$$\begin{aligned} \delta X_i &= X_i^{OCT} - X_i^{GN/GN}; \\ \delta Y_i &= Y_i^{OCT} - Y_i^{GN/GN}; \\ \delta Z_i &= Z_i^{OCT} - Z_i^{GN/GN}. \end{aligned} \quad (3)$$

та представлені в табличному вигляді (табл. 4).

Відхилення значень координат базових пунктів «ОCTAVA» – «GrafNav/GrafNet»

Пункт	Лінія, км	$\vartheta X_{i\text{ м}}$	$\vartheta Y_{i\text{ м}}$	$\vartheta Z_{i\text{ м}}$	$(\Delta B_i)_{GN/GN}^{OCT}$ м	$(\Delta L_i)_{GN/GN}^{OCT}$ м	$(\Delta H_i)_{GN/GN}^{OCT}$ м
Відносно CNIV							
BRZN2	86,2	0,008	0,002	0,007	0,001	-0,002	0,013
BRZN3	68,5	-0,014	-0,015	-0,001	0,017	-0,005	-0,010
KOZL2	75	-0,020	-0,005	0,023	0,032	0,006	0,007
Відносно KORP							
BRZN2	53	0,014	0,010	0,023	0,003	0,001	0,032
BRZN3	67	-0,024	-0,019	-0,013	0,019	-0,003	-0,027
KOZL2	145,6	-0,010	0,007	0,047	0,036	0,011	0,035
Відносно PRYL							
BRZN2	69	0,003	-0,001	-0,007	-0,003	-0,002	-0,001
BRZN3	72	-0,031	-0,018	-0,026	0,014	0,001	-0,040
KOZL2	87,8	-0,021	-0,008	0,008	0,024	0,004	-0,005

Використовуючи значний за обсягом матеріал досліджень ми також дослідили відхилення та виконали порівняння між одночастотними ( $\nu$ ) і двочастотними ( $\omega$ ) методами обчислення координат пунктів:

$$\begin{aligned}\sigma X_i &= (X_i^{OCT})_{\nu} - (X_i^{OCT})_{\omega}; \\ \sigma Y_i &= (Y_i^{OCT})_{\nu} - (Y_i^{OCT})_{\omega}; \\ \sigma Z_i &= (Z_i^{OCT})_{\nu} - (Z_i^{OCT})_{\omega}.\end{aligned}\quad (4)$$

Значення  $\sigma_i$  і  $\Delta_i$  як різниць координат, отриманих за двома методами, подані в табл. 5.

Таблиця 5

Відхилення значень координат отриманих з одночастотного і двочастотного методів

Пункт	Лінія, км	$\sigma X_{i\text{ м}}$	$\sigma Y_{i\text{ м}}$	$\sigma Z_{i\text{ м}}$	$\Delta B_{i\text{ м}}$	$\Delta L_{i\text{ м}}$	$\Delta H_{i\text{ м}}$
Відносно CNIV							
BRZN2	86,2	0,006	0,006	0,009	-0,001	0,003	0,012
BRZN3	68,5	0,005	0,005	0,011	0,003	0,002	0,013
KOZL2	75	0,001	0,007	0,017	0,008	0,005	0,016
Відносно KORP							
BRZN2	53	0,002	0,004	0,001	-0,003	0,002	0,003
BRZN3	67	-0,007	0,001	0,006	0,008	0,004	0,001
KOZL2	145,6	0,017	0,002	0,009	-0,006	-0,007	0,016
Відносно PRYL							
BRZN2	69	0,006	0,004	-0,001	-0,006	0,001	0,005
BRZN3	72	0,002	0,004	0,013	0,006	0,002	0,012
KOZL2	87,8	0,008	0,004	-0,001	-0,007	-0,001	0,006

Оброблення GNSS-спостережень у кінематичному режимі здійснювалось аналогічно опрацюванню статистичних даних. Для досліджуваних роверних пунктів було виконано оцінювання похибок одночастотних кінематичних визначень координат у межах стандартних ймовірнісних довірчих інтервалів. З огляду на значні за обсягом дані, у цій роботі в табл. 6 ми вибірково наводимо статистичні характеристики похибок кінематичного позиювання для одного з трьох пунктів, довжини векторів між якими збільшуються, а саме BRZN2 – KORP (53 км); KOZL2 – PRYL (87,8 км); KOZL2 – KORP (145,6 км).

Таблиця 6

*Статистичні характеристики похибок кінематичного позиціонування для пункту BRZN2 (відносно KORP)*

Позначення	База «BRZN2-KORP», 53 км			
	Середні значення	P=68% (RMS)	P=95%	P=99,7%
$\Delta X$ , м	0,014	0,027	0,058	0,082
$\Delta Y$ , м	0,009	0,021	0,038	0,044
$\Delta Z$ , м	0,023	0,042	0,102	0,173
$\Delta B$ , м	0,004	0,034	0,059	0,112
$\Delta L$ , м	0,022	0,014	0,026	0,076
$\Delta H$ , м	0,031	0,050	0,087	0,158

З цих же міркувань представлення графічних інтерпретацій результатів як нев'язок координатних визначень, отриманих під час оброблення GNSS-вимірів в одно- і двочастотному режимі, подаються нами на рис. 2, для пункту BRZN2 відносно базової референційної станції CNIV.

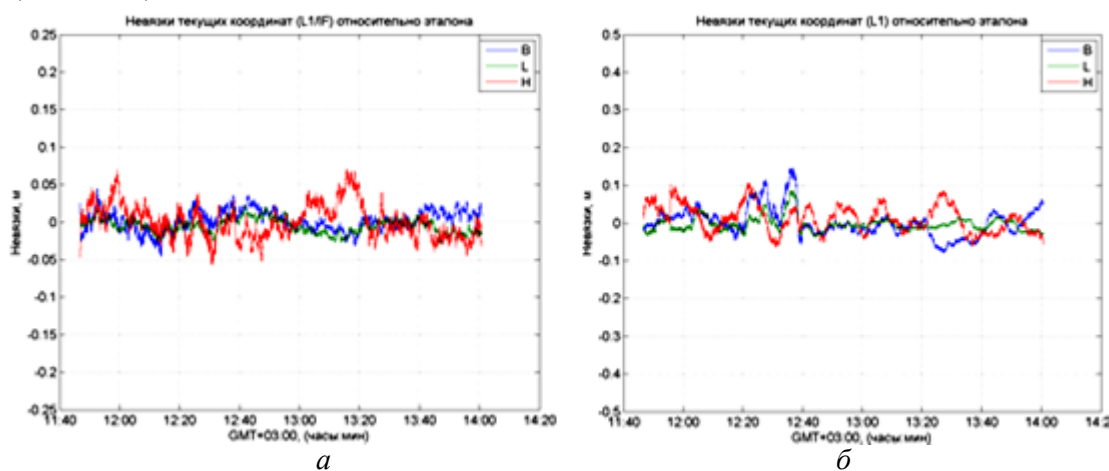


Рис. 2. Нев'язки координат пункту BRZN2 щодо опорних, отримані у двочастотному (а) і одночастотному (б) режимах оброблення

У результаті попереднього оброблення та оцінювання якості інформації різними програмними комплексами та технологіями статичного й кінематичного позиціонування можна зробити такі висновки.

**Висновки і пропозиції.** Під час проведення попереднього оброблення GNSS-вимірів в одно- і двочастотному режимі необхідно аналізувати результати перших та других координатних рішень, діаграм радіовидимості супутників, зміни DOP-факторів, багатопроменевості і рівня шуму кодових та фазових спостережень на частотах L1/L2. Неврахування цих факторів та значної кількості пропусків спостережень не дасть очікуваних результатів щодо сантиметрової точності визначення місцеположення.

Тому надійний розв'язок фазової неоднозначності (РФН) та отримання високої точності координатних визначень можливий при вчасному вилученні з подальшого оброблення тих вимірювань, які можуть суттєво спотворювати кінцеві результати.

Зауважено також, що для статичного ровера, що перебуває в зоні покриття мережі та прилеглих до неї районах, точність координатного визначення мало залежить від значення базової/ міжбазової відстані (до 150 км). Це пов'язано з тим, що функціональна модель спостережень, яка використовується, дозволяє точно оцінити залишкові похибки компенсації інтерполяції/екстраполяції варіацій іоносферних затримок, які зростають зі збільшенням міжбазових відстаней.

Досліджено, що одночастотний метод статичного позиціонування дозволяє отримувати координатні визначення рівноточні з двочастотним методом позиціонування. Так,

розбіжності між одночастотним і двочастотним розв'язками не перевищили 1 см у планових координатах і 1,6 см – у висотних, а розбіжності оцінок із двочастотним (L1&L2) розв'язком, отриманим з використанням досліджуваних програмних комплексів, лежать у межах 1-3 см за трьома координатами. Базові відстані при цьому були в межах від 53 км (база «BRZN2-KORP») до 145,6 км (база «KOZL2-KORP»). Зауважимо, що надійний розв'язок фазової неоднозначності досягається щоправда при часі безперервних спостережень ~30-45 хвилин.

Як видно, у кінематичному режимі вимірів точність позиціонування залежить від довжин базових ліній між станціями, від стану іоносфери, сезону, часу доби та ін. Важливу роль відіграє положення роверів відносно станцій мережі, які формують мережні поправки. Якщо ровер перебуває за межами зони дії мережі і вирішується завдання екстраполяції корекцій, то похибки компенсації іоносферних варіацій помітно зростають у порівнянні з випадком, коли ровери перебувають усередині зони, яку утворюють референсні станції. При одночастотному кінематичному позиціонуванні в зоні мережі з міжбазовими відстанями до 150 км, а від найближчої станції – 50–90 км, то похибки координатного визначення становили ~1-3 см у плані і ~3-5 см по висоті. За межами зони покриття цієї мережі похибки становили ~4-6 см і ~8-10 см відповідно. Для надійного розв'язку фазової неоднозначності (РФН) кінематичних спостережень потрібні виміри протягом ~50-60 хвилин.

Аналізуючи результати оброблення спостережень на пунктах ДГМ досліджено також, що СКП координат пунктів, отриманих різними сучасними програмними комплексами, становлять у середньому  $m_{x,y,z} \approx 0,009$  м, що свідчить про їх добру збіжність за результатами оброблення. Зважаючи на це, програмні комплекси для оброблення супутникових спостережень, розглянуті та проаналізовані у статті, можна рекомендувати до використання як рівнозначні за точністю.

#### Список використаних джерел

1. Жалило А. А. Программно-алгоритмическое обеспечение предварительной обработки GPS/EGNOS-наблюдений “ОСТАВА\_PPA”: концепция построения, характеристики, приложения и результаты тестирования / А. А. Жалило, Н. В. Саданова, Д. А. Шелковенков // Труды II Международного радиоэлектронного форума (МРФ-2005) «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития»; Международная конференция по системам локации и навигации (МКЛСН-2005), 19–23 сентября 2005 г. – 2005. – Т. 2. – С. 528–531.
2. Крячок С. Д. Зрівноваження полігонометричних мереж, побудованих зустрічними ходами / С. Д. Крячок // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2015. – № 1 (77). – С. 108–114.
3. Основные результаты разработок исследовательской группы ХНУРЭ/ГАО НАНУ в области высокоточного GNSS-позиционирования в период с 2002–2011 гг. / А. А. Жалило, А. А. Желанов, Д. А. Шелковенков, И. В. Дицкий, Е. А. Бессонов // Геодезия и картография. – 2012. – № 12. – С. 38–50.
4. Перша GNSS-кампанія у Північному регіоні України / О. Терещук, Я. Яцків, І. Нисторяк та ін. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2012. – № 1 (23). – С. 38–40.
5. Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями у реальному часі / Р. В. Шульц, О. І. Терещук, А. О. Анненков, І. О. Нисторяк // Інженерна геодезія. – 2014. – № 61. – С. 58–77.
6. Предварительные результаты GNSS-наблюдений на пунктах геодезической сети Северного региона Украины / А. Терещук, И. Нисторяк, А. Жалило, А. Желанов // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. – 2014. – Вып. 4 (28). – С. 29–38.
7. Терещук О. І. Активні GNSS-мережі та регіональна геодинаміка / О. І. Терещук, С. Г. Савчук, І. О. Нисторяк // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядку-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

вання – Європейський досвід : зб. наукових праць VII Міжнар. наук.-практ. конф. – Чернігів : ЧДІЕУ, 2011. – С. 79–80.

8. *Терещук О. І.* Аналіз GNSS-спостережень у Північному регіоні України / О. І. Терещук, І. О. Нисторяк // Містобудування і територіальне планування. – 2013. – № 48. – С. 443–451.

9. *Терещук О. І.* Відновлення міських полігонометричних мереж сучасними супутниковими технологіями / О. І. Терещук, І. О. Нисторяк, Р. В. Шульц // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2015. – Вип. 82. – С. 59–72.

10. *Терещук О. І.* Вплив геофізичних факторів на високоточні супутникові спостереження / О. І. Терещук // Вісник Криворізького технічного університету. – 2010. – Вип. 26. – С. 74–77.

11. *Терещук О. І.* До питання про опрацювання часових рядів довготривалих безперервних GNSS-спостережень / О. І. Терещук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2010. – № 2. – С. 67–70.

12. *Терещук О. І.* Досвід використання GNSS-технологій при створенні цифрових моделей рельєфу / О. І. Терещук, І. О. Нисторяк // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід : зб. наукових праць VIII Міжнар. наук.-практ. конф. – Чернігів : ЧДІЕУ, 2012. – С. 12–16.

13. *Терещук О. І.* Досвід функціонування перманентної GNSS-станції «Чернігів» (CNIV) у мережі EPN / Олександр Терещук, Іван Нисторяк // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2015. – № 1. – С. 130–140.

14. *Терещук О.* Проект мережі активних перманентних GPS-станцій Північного регіону України / Терещук О., Савчук С. // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід. – Чернігів: Чернігівські обереги, 2007. – С. 16–23.

15. *Терещук О. І.* Дослідження похибок впливу зовнішнього середовища на точність планових координат при GNSS-спостереженнях у Північному регіоні / О. І. Терещук, І. О. Нисторяк // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід: Зб. наукових праць IX міжнар. наук.-практ. конф. - Чернігів: ЧДІЕУ, 2013. – С. 12-18.

16. *Терещук О.* Попередні результати та аналіз GNSS-спостережень на Чернігівщині / О. Терещук, І. Нисторяк // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2013. – Вип. 11 (26). – С. 58–61.

17. *Терещук О. І.* Сучасні супутникові технології у дослідженні геодинамічних процесів / О. І. Терещук // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2009. – № 72. – С. 49–53.

18. *Третя* на Чернігівщині перманентна GPS-станція / Я. Яцків, О. Терещук, І. Нисторяк та ін. // Вісник геодезії та картографії. - 2012. - № 2. - С. 18-19.

19. *Шелковенков Д.О.* Результати експериментальних досліджень точності траєкторних GPS/GNSS вимірювань при виконанні аерофотозйомки з використанням програмних комплексів «ОСТАВА» та «GRAFNAV/GRAFNET» / Д. О. Шелковенков, О. О. Желанов, О. О. Жаліло // Радиотехніка. – 2008. – № 152. – С. 172–184.

20. *Щербак Ю. В.* Про обґрунтування параметрів теодолітних ходів під час виконання кадастрових зйомок [Електронний ресурс] / Ю. В. Щербак, В. М. Іванов, М. Я. Бринь // Технічні науки та технології. – 2015. – № 1. – С. 230–233. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnt\\_2015\\_1\\_39](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnt_2015_1_39).

21. Bernese GPS Software Version 4.2 / Eds. Hugentobler U., Schaer S., Fridez P. – Berne: Astronomical Institute, University of Berne. – 2001. – 515 p.

22. GrafNav® Static and GrafNet® [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.novatel.com/products/software/grafnav-static-and-grafnet/>.

**Терещук Олександр Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землевпорядкування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Терещук Алексей Иванович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Tereshchuk Oleksiy** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Geodesy, Cartography and Land Management Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** Olexter1957@gmail.com

**Нисторіак Іван Олександрович** – викладач кафедри геодезії, картографії та землепорядкування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Нисторіак Іван Александрович** – преподаватель кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Nystoriak Ivan** – Lecturer of the Geodesy, Cartography and Land Management Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** VanyaS31@yandex.ua

УДК 528.34

*Юлія Щербак, Михайло Бринь*

## **АНАЛІЗ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ В УКРАЇНІ**

*Юлія Щербак, Михаил Брын*

## **АНАЛИЗ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА В УКРАИНЕ**

*Yuliya Shcherbak, Mikhail Bryn*

## **ANALYSIS OF GEODETIC SUPPORT OF LAND CADASTER IN UKRAINE**

*Розглянуто сучасний стан геодезичного забезпечення земельного кадастру в Україні, досліджено взаємозв'язки між наявними системами координат, зазначено нововведення в земельно-кадастровій діяльності, обґрунтовано необхідність удосконалення нормативних вимог під час проведення кадастрової зйомки в селах та за межами населених пунктів.*

**Ключові слова:** геодезичне забезпечення, кадастр, геодезична мережа, межовий знак.

*Рис.: 1. Табл.: 1. Бібл.: 8.*

*Рассмотрено современное состояние геодезического обеспечения земельного кадастра в Украине. исследованы взаимосвязи между существующими системами координат, приведены нововведения в земельно-кадастровой деятельности, обоснована необходимость совершенствования нормативных требований при проведении кадастровой съемки в селах и за пределами населенных пунктов.*

**Ключевые слова:** геодезическое обеспечение, кадастр, геодезическая сеть, межевой знак.

*Рис.: 1. Табл.: 1. Библ.: 8.*

*The article reviews the current status of geodetic support of land cadastre in Ukraine. investigated the relationship between existing coordinate systems, given innovations in land and cadastral activities, the necessity of improvement of normative requirements at carrying out cadastral surveys in the villages and outside settlements.*

**Key words:** geodetic support, cadastre, geodetic network, landmark.

*Fig.: 1. Tab.: 1. Bibl.: 8.*

**Постановка проблеми.** У процесі здійснення державного управління важлива інформаційна складова, яку отримують, у тому числі, під час проведення кадастрової зйомки. Перелік послуг, що надаються органами державної влади, постійно розширюється, а якість надання послуг населенню удосконалюється. Так, згідно з Порядком ведення Державного земельного кадастру [4], при отриманні доступу в режимі читання можливе одержання відомостей щодо топографо-геодезичної і картографічної основи, державного кордону, земель у межах територій адміністративно-територіальних одиниць (назва, опис меж, площа, угіддя, економічна та нормативна грошова оцінка та ін.), обмежень у використанні, земельної ділянки (кадастровий номер, місце розташування, опис меж, площа, довжини ліній по периметру, координати поворотних точок меж, прив'язка поворотних точок меж до пунктів Державної геодезичної мережі (ДГМ), якісний стан земель та бонітування ґрунтів, цільове призначення та ін.).

У сучасних умовах кадастрові знімання виконуються переважно електронними тахеометрами, що надає змогу вимірювати відстані до 1 км і більше, а середні квадратичні похибки вимірювання відстаней при цьому рідко перевищують 5 мм, кутів – 7". Як наслідок, точність і якість результатів кадастрових зйомок підвищується.

Відповідно до законодавства виконання топографо-геодезичних та картографічних робіт починаючи з 1 січня 2007 р. має здійснюватись із застосуванням Державної геодезичної



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

референцної системи координат УСК-2000, однак на практиці діють й інші системи геодезичних координат. Тому актуальне питання дослідження взаємозв'язків між існуючими системами координат та геодезичне забезпечення земельного кадастру в цілому.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Порядком ведення Державного земельного кадастру [4] визначено склад відомостей, що фіксуються у ході земельно-кадастрових робіт; Постановою КМУ [2] легалізовано введення в дію Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000, а під час проведення міжнародних досліджень, в яких бере участь Україна, міжнародної загальноземної референцної системи координат ITRS; Інструкцією [3] регламентується створення знімального обґрунтування, визначення параметрів теодолітних ходів як оптичними теодолітами і стрічками, так і електронними тахеометрами; допустимі значення граничних похибок при встановленні поворотних точок закріплено в Порядку проведення інвентаризації земель.

У джерелі [8] запропоновано розрахунок за двома методиками параметрів теодолітних ходів (довжин ходів, довжин сторін, допустимих кутових і абсолютних нев'язок), виходячи з технічних характеристик сучасних геодезичних приладів. Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями у реальному часі виконано в [6].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Введена в дію система координат УСК-2000 забезпечила ефективне використання GNSS технологій у топографо-геодезичному виробництві, що мають значні переваги порівняно з традиційними геодезичними технологіями. УСК-2000 отримана в результаті сумісного зрівнювання пунктів Української перманентної мережі спостережень глобальних навігаційних супутникових систем та Державної геодезичної мережі 1-4 класів і закріплена пунктами Державної геодезичної мережі. Однак донині під час проведення геодезичних робіт, зокрема для цілей земельного кадастру, застосовуються різні геодезичні системи координат (СК-42/СК-63, УСК-2000, місцеві системи координат). Виявлення невідповідностей між даними Публічної кадастрової карти України та даними щодо місця розташування і площ земельних ділянок, вказаних у земельно-кадастровій документації, дозволяє стверджувати про недосконалість механізму представлення геодезичних даних. Тому доцільно провести аналіз процесу їх отримання.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є дослідження сучасного стану геодезичного забезпечення земельного кадастру України.

**Викладення основного матеріалу.** З 6 жовтня 2015 р. Міністерство юстиції відкрило доступ до Державного реєстру речових прав на нерухоме майно, інформація з якого може надаватися щодо об'єкта нерухомого майна і щодо суб'єкта права. Також Державна служба геодезії, картографії та кадастру відкрила доступ до реєстру власників земельних ділянок, запустила онлайн-послугу замовлення виписки про нормативно-грошову оцінку землі, що необхідна при здійсненні цивільно-правових угод щодо земельних ділянок та прав на них.

Розширення державних послуг призводить до необхідності вдосконалення геодезичного забезпечення кадастру, оскільки геодезичні дані є основою, до якої прив'язується будь-яка інша кадастрова інформація.

До результатів геодезичного забезпечення кадастру належать координати межових знаків, площі ділянок, координати вершин об'єктів нерухомості в межах ділянок та їх площі. Ці значення одержують у результаті проведення геодезичних робіт, координатною основою яких є ДГМ України та місцеві геодезичні мережі.

Для підтримки інтегрованості різноманітних геопросторових даних на основі використання єдиної координатної основи України в січні 2013 р. запущено геопортал ДГМ України, розроблений у Науково-дослідному інституті геодезії і картографії [1].

Метою створення ресурсу є інформаційна підтримка процесу використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 не тільки при виконанні геодезичних робіт для цілей топографічного картографування, але і в питаннях ведення Державного земельного кадастру.

Сукупність геоінформаційних сервісів геопорталу забезпечує:

- загальне ознайомлення користувачів з ДГМ України;
- ознайомлення з місцем розташування геодезичних пунктів на певній території;
- отримання довідок про характеристики пунктів;
- можливість вибору зі списку пунктів для оформлення заявки на отримання точних координат в установленому порядку;
- забезпечення зворотного зв'язку з користувачами для отримання додаткової інформації про пункті (про його стан, шляхи під'їзду до нього, фотографії його місця розташування тощо).

Геодезичні мережі створюються в певних системах координат. Постановою КМУ № 1259 від 22.09.2004 р. [2] встановлено, що виконання топографо-геодезичних та картографічних робіт починаючи з 1 січня 2007 р. здійснюється із застосуванням Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000, а під час проведення міжнародних досліджень, в яких бере участь Україна, застосовується міжнародна загальноземна референцна система координат ITRS. Супутникові геодезичні спостереження, засновані на використанні системи GPS, виконуються у системі координат WGS – 84. Зазначимо також, що хоча і скасовано дію систем координат СК42 і СК63, вони продовжують використовуватися, як і засновані на них місцеві системи координат. На рис. наведена схема взаємозв'язку між системами координат.

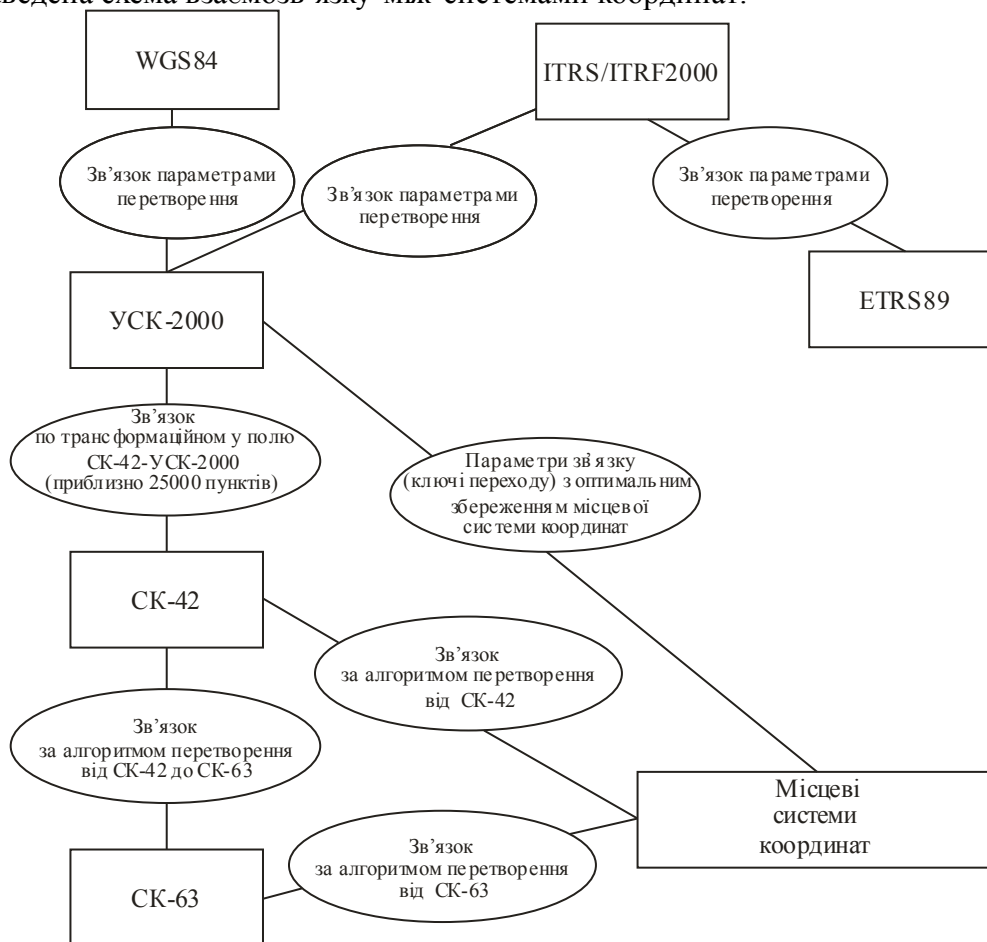


Рис. Схема взаємозв'язку між системами координат України

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Нині планове положення межових знаків визначається або супутниковим методом, або полярним способом електронними тахеометрами з точок теодолітних ходів. При цьому основною нормативною вимогою при кадастрових зніманнях є допуск на положення межових знаків.

Відповідно до Порядку проведення інвентаризації земель [5] гранична похибка поворотних точок меж земельних ділянок відносно найближчих пунктів ДГМ не повинна перевищувати:

- у мм. Києві, Севастополі та містах обласного підпорядкування – 0,1 м;
- в інших містах та селищах – 0,2 м;
- у селах – 0,3 м;
- за межами населених пунктів – 0,5 м.

Середні квадратичні похибки положення поворотних точок будуть при цьому в 2 рази меншими. Середні квадратичні похибки положення межових знаків складаються з похибок положення точок теодолітного ходу та похибок координування межових знаків. Останніми похибками знехтуємо. Тоді дійдемо висновку, що середні квадратичні похибки положення точок теодолітних ходів не повинні перевищувати відповідно 0,05 м, 0,1 м, 0,15 м та 0,25 м для територій, приведених вище. Зауважимо, що похибки 0,05 м та 0,1 м відповідають графічній точності зйомки в масштабах 1:500 та 1:1000, для яких в Інструкції [2] визначені вимоги до створення знімального обґрунтування як оптичними теодолітами і мірними стрічками, так і електронними тахеометрами. Для відображення облікових одиниць з похибками 0,15 м та 0,25 м повинен застосовуватись масштаб зйомки 1:1500 та 1:2500 відповідно, проте зйомка в зазначених масштабах не виконується, а отже, і нормативних вимог до створення знімального обґрунтування і виконання зйомки не розроблено.

У табл. наведено інструктивні вимоги до параметрів теодолітних ходів під час проведення топографічного знімання з використанням електронних тахеометрів для масштабів 1:500 та 1:1000, тому що тільки для цих масштабів граничні похибки положення точок ходу при топографічному зніманні співпадають з граничними похибками поворотних точок меж земельних ділянок при кадастровому зніманні в містах та селищах.

Таблиця

Вимоги до параметрів теодолітних ходів відповідно до [3]

Масштаб знімання	Гранична похибка положення точки ходу (0,2 мм у м-бі плану), м	Відносні похибки вимірювання ліній 1:2000		Граничні абсолютні лінійні помилки, м	Граничні кутові нев'язки, кут. с
		Допустимі довжини ходів, км	Допустима кількість сторін		
1:500	0,1	2,0	20	0,3	$f_{\beta} = 20'' \sqrt{n+1}$
1:1000	0,2	4,0	20	0,6	

Існуюча технологія постановки об'єктів на кадастровий облік припускає, що координати поставлених на облік раніше ділянок приймаються для більш пізніх результатів кадастрової зйомки суміжних ділянок [7]. При цьому керуються тим, що координати межових знаків на межі двох ділянок повинні бути однаковими. Однак, на практиці, ці значення різняться між собою і якщо вони виходять за межі допустимих значень, то необхідно вживати заходів для відшукування помилок, якщо ні – то приймати знов отримані координати в обробку, а не відкидати їх. В обробку слід приймати також результати лінійних і різницево-координатних вимірювань між межовими знаками, координатних і кутових – на вершинах межових знаків, які в значних обсягах у ході польових робіт при контролі межування.

**Висновки і пропозиції.** На підставі викладеного можна зробити висновок, що в Україні розвинута координатна основа земельного кадастру, приймаються активні за-

ходи щодо доведення інформації до споживачів, однак необхідно розробити нормативні вимоги для проведення кадастрової зйомки в селах та за межами населених пунктів. А застосування єдиної системи геодезичних координат, як і визначено законодавством, дозволить уникнути багатьох помилок, суперечливих ситуацій та зловживань у сфері земельних відносин.

### Список використаних джерел

1. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://dgm.gki.com.ua>.
2. Деякі питання застосування геодезичної системи координат від 22 вересня 2004 р. № 1259 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-п>.
3. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 : ГКНТА – 2.04-02-98: Офіц. вид. – К.: Укргеоінформ ; Гол. упр. геодез., картогр. та кадастру, 1999. – 155 с.
4. Порядок ведення Державного земельного кадастру від 17 жовтня 2012 р. № 1051 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-п>.
5. Порядок проведення інвентаризації земель від 23 травня 2012 р. № 513 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/513-2012-%D0%BF>.
6. Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями у реальному часі / Р. В. Шульц, О. І. Терещук, А. О. Анненков, І. О. Нисторьяк // Інженерна геодезія. – 2014. – № 61. – С. 58–77.
7. *Современные* проблемы геодезического обеспечения кадастра недвижимости урбанизированных территорий / М. Брынь, Н. Богомоллова, В. Иванов, Ю. Щербак // Науки о Земле. – 2015. – № 1/2015. – С. 113–116.
8. Щербак Ю. В. Про обґрунтування параметрів теодолітних ходів під час виконання кадастрових зйомок / Ю. В. Щербак, В. М. Иванов, М. Я. Брынь // Технічні науки та технології. – 2015. – № 1 (1). – С. 230–233.

**Щербак Юлія Володимирівна** – магістр, викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Щербак Юлія Владимировна** – магістр, преподаватель кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Shcherbak Yuliya** – master, Lecturer of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** Shch.Yu@yandex.ua

**Брынь Михайло Ярославович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інженерної геодезії, Петербурзький державний університет шляхів сполучення Імператора Олександра I (Московський просп., 9, м. Санкт-Петербург, 190031, Росія).

**Брынь Михаил Ярославович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной геодезии, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (Московский просп., 9, г. Санкт-Петербург, 190031, Россия).

**Bryn Mikhail** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Chair of Engineering Geodesy, Emperor Alexander I Petersburg State Transport University (9 Moskovsky Av., 1900131, Saint Petersburg, Russia).

**E-mail:** 3046921@mail.ru

*Олександр Лактіонов, Антон Сільвестров*

## **МЕХАНІЗМИ РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ КОМПЕТЕНЦІЇ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ ТА ЇЇ МІСЦЕ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ**

*Александр Лактионов, Антон Сильвестров*

## **МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ КОМПЕТЕНЦИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ И ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ**

*Oleksandr Laktionov, Anton Silvestrov*

## **MECHANISMS FOR IMPLEMENTATION OF AUTOMATED COMPETENCY ASSESSMENT SYSTEM AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISES OF UKRAINE AND ITS PLACE IN THE HUMAN RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM**

*Розкрито механізми реалізації автоматизованої системи оцінювання рівня компетенції на промислових підприємствах України та її місце в системі управління людськими ресурсами. Наведено місце запропонованої АС у сучасних HRM-системах. Зазначено, що автоматизована система оцінювання рівня компетенції фахівця технічного профілю дозволяє аналізувати складений план навчання та приймати рішення щодо доцільності проведення підготовки фахівців за варіантом плану. Представлені, узагальненим алгоритмом застосування, моделі та методи інформаційної підтримки процесу оцінювання рівня компетенції фахівця технічного профілю.*

**Ключові слова:** автоматизована система, оцінювання, рівень компетенції, технічний профіль, механізми реалізації, управління, людські ресурси.

*Рис.: 3. Бібл.: 8.*

*Раскрыто механизмы реализации автоматизированной системы оценки уровня компетенции на промышленных предприятиях Украины и место АС в системе управления человеческими ресурсами. Выявлено место предложенной АС в современных HRM-системах. Отмечено, что автоматизированная система оценки уровня компетенции специалиста технического профиля позволяет анализировать план обучения и принимать решение о целесообразности проведения подготовки специалистов по варианту плана. Представлены, обобщенным алгоритмом применения, модели и методы информационной поддержки процесса оценки уровня компетенции специалиста технического профиля.*

**Ключевые слова:** автоматизированная система, оценка, уровень компетенции, технический профиль, механизмы реализации, управление, человеческие ресурсы.

*Рис.: 3. Библ.: 8.*

*Relevance. Automation competence level assessment system at the industrial enterprises of Ukraine is an important issue in the current environment. Modern automated system (AS) in its composition has the staff and the complex of automation of its activities implementing information technology performance of its functions.*

*Program-technical complex automated system of technical specialists assess the level of competence is intended for automation of activity in industrial enterprises in order to facilitate the work and the more accurate the final evaluation. Means of computer facilities, as part of the technical support of the AS, there is a part of software and hardware complex of the automated system. Automated system of numerically controlled assessment of the level of competence allows machine operators to put into practice the model of the automated system assessment model and assess the level of competence of the machine operators with CNC. Therefore, mechanisms of its implementation of the research is an important issue that requires careful consideration.*

*Objective. The mechanism of realization of automated competency assessment system at the industrial enterprises of Ukraine and its place in the human resources management system. Provide a generalized algorithm application models and methods of information support of the level of competence of technical specialists of the evaluation process.*

*Research methods. The study used a number of methods of scientific knowledge such as induction, deduction, system approach.*

*The main results and conclusions. The proposed automated system competency evaluation of technical specialists is intended for automation of activity in industrial enterprises in order to facilitate the work and the more accurate the final evaluation. The structure of the implementation of the AS, on pages of this work allows to break it down into components according to functional features for a detailed presentation on the functions that perform blocks and software and hardware modules.*

*Presented, the generalized use of algorithms, models and methods of information support of the competence level of the evaluation process allows visually track created by a sequence of actions, the implementation of which allows you to obtain the necessary information on the desirability of preparing specialists in process automation in terms of level of preparation of the forecast.*

*Promising research within this area is the practical implementation of the proposed speakers on the real plant, testing and debugging system.*

**Key words:** automated system, evaluation of the level of competence, technical profile, mechanisms of implementation, management, human resources.

*Fig.: 3. Bibl.: 8.*

**Вступ та постановка проблеми.** Автоматизація системи оцінювання рівня компетенції на промислових підприємствах України є актуальним питанням в умовах сьогодення. Сучасна автоматизована система (АС) у своєму складі має персонал та комплекс засобів автоматизації його діяльності, який реалізує інформаційну технологію виконання встановлених функцій [1].

Програмно-технічний комплекс автоматизованої системи оцінювання рівня компетенції (АС ОРК) фахівця технічного профілю призначений для автоматизації діяльності в умовах промислових підприємств з метою полегшення роботи та більш точної кінцевої оцінки. Засоби обчислювальної техніки, будучи частиною технічного забезпечення АС, і є частиною програмно-технічного комплексу автоматизованої системи. Автоматизована система оцінювання рівня компетенції операторів верстата з числовим програмним керуванням дозволяє реалізувати на практиці модель автоматизованої системи оцінювання та модель процесу оцінювання рівня компетентності операторів верстата з числовим програмним керуванням. Тому дослідження механізмів її реалізації є актуальним питанням, що вимагає ретельного вивчення.

**Мета роботи.** Розкрити механізми реалізації автоматизованої системи оцінювання рівня компетенції на промислових підприємствах України та її місце в системі управління людськими ресурсами. Представити узагальненим алгоритмом застосування моделей та методів інформаційної підтримки процесу оцінювання рівня компетенції фахівця технічного профілю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемам автоматизації системи оцінювання рівня компетенції фахівців промислових підприємств присвячено роботи як вітчизняних, так і зарубіжних учених, зокрема: В. М. Глушкова [2], Ю. В. Задонцева [3], Д. Дж. Кемені, Дж. Снелл [4], В. Є. Ходакова, Т. Г. Кірюшатова, Р. М. Захарченко, М. В. Карамушка [5], Т. А. Писаревської [6], В. М. Кузьменко, Ю. В. Шульги [7] та ін.

Проведений аналіз сучасних наукових робіт у галузі автоматизації процесів оцінювання рівня компетенції фахівців технічного профілю, розробки спеціалізованих програмних додатків інформаційної підтримки процесів підготовки та перепідготовки фахівців промислових підприємств України показує, що на сьогодні основні напрямки дослідження науковців спрямовані на розроблення комплексних інтеграційних рішень, які могли б враховувати вплив людського фактора на всіх етапах життєвого циклу виробу.

Однак варто зазначити, що досліджені розробки та досягнення не враховують наявний і дуже важливий взаємозв'язок між рівнем підготовки фахівців та їх подальшим професійним розвитком у межах обійманої посади і не мають ефективних механізмів формалізації та алгоритмізації управління процесом оцінювання рівня компетенції фахівців технічного профілю.

Тому існує нагальна потреба в подальшому дослідженні механізмів реалізації автоматизованої системи оцінювання рівня компетенції на промислових підприємствах України та її місця в системі управління людськими ресурсами.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На сучасних промислових підприємствах України у загальній більшості процес управління розвитком персоналу складається з процесів планування, організації, контролю, обліку та аналізування [8]. Місце АС ОРК фахівця технічного профілю, що розглядається у межах цієї роботи, в HRM-системах наведено на рис. 1.

Автоматизована системи оцінювання рівня компетенції фахівця технічного профілю дозволяє аналізувати складений план навчання та приймати рішення щодо доцільності проведення підготовки фахівців за варіантом плану. Процес оцінювання рівня компетенції операторів верстата з числовим програмним керуванням та місце запропонованої АС на промислових підприємствах України зображено на рис. 2.

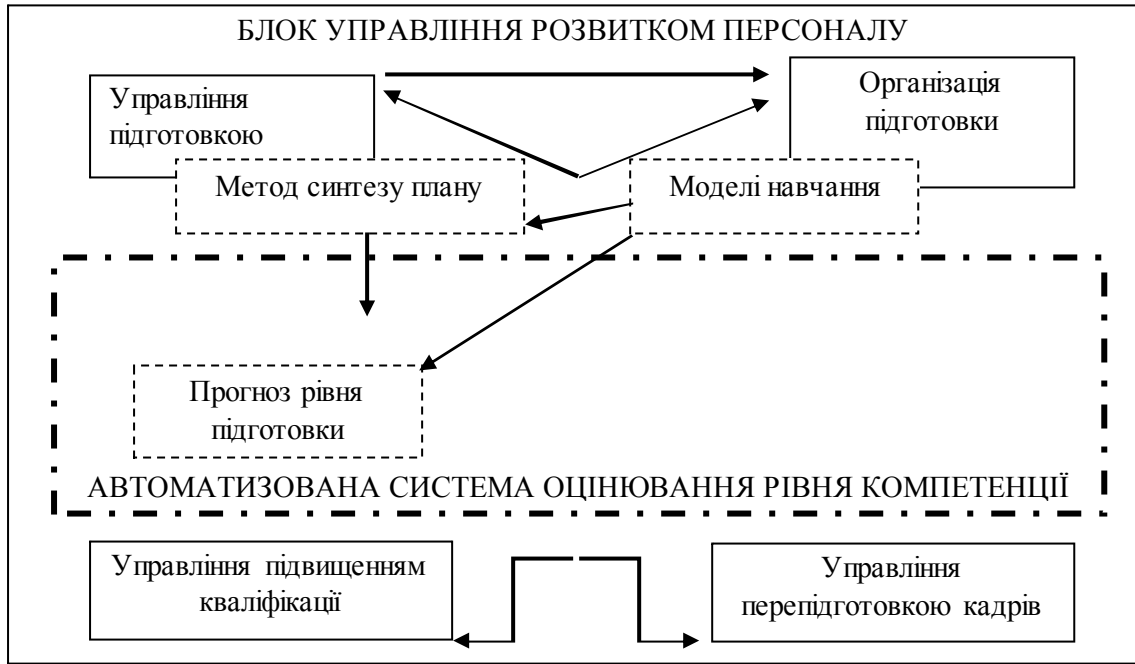


Рис. 1 Місце запропонованої АС у сучасних HRM-системах

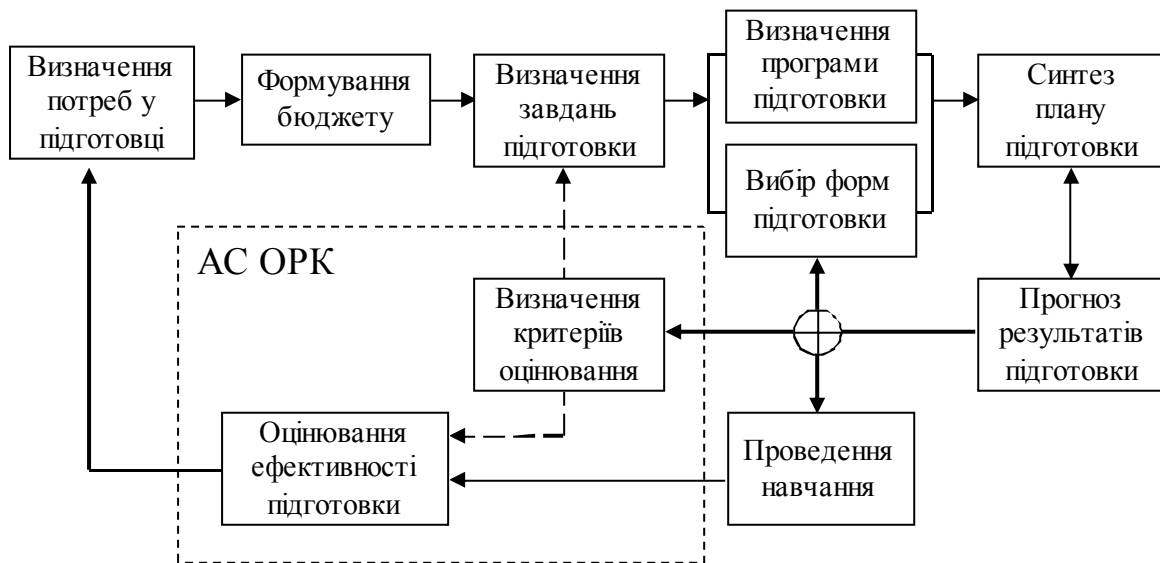


Рис. 2. Організація підготовки фахівців з автоматизації технологічних процесів

Згідно з рис. 2 простежується два основні механізми дії запропонованої системи:

- визначення критеріїв оцінювання;
- оцінювання ефективності підготовки,

які є фундаментальною основою автоматизованої системи оцінювання рівня компетенції операторів верстата з числовим програмним керуванням.

Моделі та методи інформаційної підтримки процесу оцінювання рівня компетенції фахівця технічного профілю можуть бути представлені узагальненим алгоритмом їх застосування (рис. 3).

Рисунок 3 розкриває певну послідовність дій, виконання яких дозволяє отримати необхідну інформацію щодо доцільності підготовки фахівців з автоматизації технологічних процесів з погляду прогнозу рівня підготовки.

Розглянемо кожен із цих кроків, які демонструють основні прецеденти сценарію впровадження АС ОРК.



Рис. 3. Узагальнений алгоритм застосування АС ОРК

введення систем управління людськими ресурсами, пропонується використовувати автоматизовану систему оцінювання рівня компетенції фахівця технічного профілю в таких системах.

Принципи узгодженості, відповідності й ортогональності, економічності, повноти та відкритості, що використовувалися під час розроблення АС, гарантують створення ефективного, надійного і перспективного програмного комплексу в системі управління людськими ресурсами.

**Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розробок у цьому напрямку.** Запропонована автоматизована система оцінювання рівня компетенції фахівця технічного профілю призначена для автоматизації діяльності в умовах промислових

Етап 1. Після виникнення задуму на впровадження нового верстата з числовим програмним керуванням постає задача з формування завдань проекту впровадження, до вирішення якої можуть залучатись досвідчені фахівці. Декомпозиція завдань дозволить визначити потреби в навчанні. Маючи відповідний бюджет на організацію навчання та завдання (цілі) навчання, можна приступати до другого етапу.

Етап 2. Оцінювання компетенції початкового рівня підготовки персоналу, навчально-матеріальної бази, запланованої для застосування, а також досвід викладачів, залучених до проведення заходів з підготовки, є підґрунтям для моделювання (прогнозу) результатів навчання.

Етап 3. У випадку, коли вихідні дані надано (зібрано), є можливість проводити синтез варіанта плану організації професійного навчання за відповідним методом на основі алгоритму синтезу плану, тобто проводити моделювання взаємопов'язаних заходів різних організаційних форм системи підготовки фахівців технічного профілю на основі розрахункової моделі забуття знань і втрати умінь та навичок тих, останніх.

Етап 4. Оцінювання плану здійснюється за двома основними показниками: прогнозом рівня підготовки фахівців та усередненим показником повернення інвестицій на навчання персоналу.

Етап 5. Провівши компетентність оператора АС ОРК забезпечує ОПР необхідною інформаційною підтримкою для прийняття рішення на доцільність проведення підготовки з метою виконання завдань проекту впровадження верстата.

Для успішного виконання кожного з розглянутих етапів необхідна наявність відповідної підготовки та чіткої координації дій спеціалістів, фахівців та керівників підприємства (організації).

Виходячи з того, що сучасною ознакою розвитку промислових підприємств України є впро-



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

підприємств з метою полегшення роботи та більш точної кінцевої оцінки. Структура реалізації АС, представлена в цій роботі, дозволяє поділити її на компоненти за функціональними ознаками для деталізованого уявлення про функції, які виконують блоки та програмно-технічні модулі системи.

Представлені, узагальненим алгоритмом застосування, моделі та методи інформаційної підтримки процесу оцінювання рівня компетенції дозволяють наочно відстежити, створену послідовність дій, виконання яких дозволяє отримати необхідну інформацію щодо доцільності підготовки фахівців з автоматизації технологічних процесів з погляду прогнозу рівня підготовки.

Перспективними дослідженнями у межах цього напрямку є практичне впровадження запропонованої АС на реальному підприємстві, тестування та налагодження системи.

**Список використаних джерел**

1. Катренко А. В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації : навчальний посібник / А. В. Катренко. – Львів : Новий світ, 2003. – 424 с.
2. Глушков В. М. Введение в АСУ / В. М. Глушков. – К. : Техніка, 1972. – 310 с.
3. Задонцев Ю. В. Технологія інформаційної підтримки процесів професійного навчання фахівців промислових підприємств : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.13.06 / Задонцев Юрій Вікторович ; Нац. авіац. ун-т. – К., 2012. – 195 с.
4. Кемени Дж. Кибернетическое моделирование. Некоторые приложения / Дж. Кемени, Дж. Снелл. – М. : Советское радио, 1972. – 192 с.
5. Комп'ютерні технології обробки облікової інформації : навч. посіб. / В. Є. Ходаков [та ін.] ; ред. : В. Є. Ходаков. – Херсон : ОЛДІ-плюс ; К. : Ліра-К, 2012. – 534 с.
6. Писаревська Т. А. Інформаційні системи і технології в управлінні трудовими ресурсами : навч. посіб. / Т. А. Писаревська. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – К. : КНЕУ, 2000. – 279 с.
7. Кузьменко В. М. Методы и средства выбора уровня автоматизации информационно-технологических систем / В. М. Кузьменко, Ю. В. Шульга // «Теория и техника передачи и обработки информации» («Интегрированные информационные системы, сети и технологии») : материалы XVIII Междунар. конф. – Харьков : ХНУРЭ, 2002. – С. 241–242.
8. Підгаєць П. Система управління якістю як інструмент вдосконалення діяльності органу місцевого самоврядування : метод. посіб. / П. Підгаєць, І. Бригілевич. – К. : Софія-А, 2012. – 134 с.

**Лактіонов Олександр Ігорович** – аспірант кафедри АіЕП ПолтНТУ (Першотравневий проспект, 24, Полтава, Полтавська область, 36000, Україна).

**Лактіонов Александр Игоревич** – аспірант кафедри автоматизації та електропривода ПолтНТУ (Первомайський проспект, 24, Полтава, Полтавська область, 36000, Україна).

**Laktionov Oleksandr** – PhD student of Department of Automation and Electric Drive, Poltava National Technical Yuriy Kondratiuk University (24 Pershotravnevyi Av., Poltava, 36011, Ukraine).

**E-mail:** laktionov.oleksandr@mail.ru

**Сільвестров Антон Миколайович** – доктор технічних наук, професор кафедри АіЕП ПолтНТУ (Першотравневий проспект, 24, Полтава, Полтавська область, 36000, Україна).

**Сильвестров Антон Николаевич** – доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації та електропривода ПолтНТУ (Первомайський проспект, 24, Полтава, Полтавська область, 36000, Україна).

**Silvestrov Anton** – Doctor of Technical Science, Professor of Department of Automation and Electric Drive, Poltava National Technical Yuriy Kondratiuk University (24 Pershotravnevyi Av., Poltava, 36011, Ukraine).

**E-mail:** 1010bios1959@gmail.com

УДК 004.94:631.452

Валентин Нехай

**ГРУНТ ЯК ОБ'ЄКТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МОДЕЛЮВАННЯ  
ТА ПРОГНОЗУВАННЯ**

Валентин Нехай

**ПОЧВА КАК ОБЪЕКТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

Valentyn Nekhai

**SOIL AS THE OBJECT OF INFORMATION TECHNOLOGIES OF MODELLING  
AND PROGNOSTICATING**

Розглянуто питання застосування інформаційних технологій в управлінні складними системами, які тісно пов'язані з формалізацією об'єкта та побудовою функції управління ним. Вивчення і систематизація факторів, умов і господарювання сільськогосподарських підприємств, що впливають на якість ґрунту, дає можливість побудувати адекватну сучасним вимогам модель прогнозування стану ґрунту. Використання математичного та імітаційного моделювання значно розширює можливості застосування інформаційних технологій в управлінні станом родючості ґрунту.

**Ключові слова:** моделювання, математична модель, імітаційна модель, родючість ґрунту, інформаційні технології.

Рис.: 2. Бібл.: 7.

Рассмотрены вопросы применения информационных технологий в управлении сложными системами, которые тесно связаны с формализацией объекта и построением функции управления им. Изучение и систематизация факторов, условий хозяйствования сельскохозяйственных предприятий, влияющих на качество почвы, дает возможность построить адекватную современным требованиям модель прогнозирования состояния почвы. Использование математического и имитационного моделирования значительно расширяет возможности применения информационных технологий в управлении состоянием плодородия почвы.

**Ключевые слова:** моделирование, математическая модель, имитационная модель, плодородие почвы, информационные технологии.

Рис.: 2. Библ.: 7.

The present article treats the question of applying information technologies in managing complex systems that are completely associated with formalizing the object and modelling function of its management. Study and systematization of factors of conditions of managing agricultural enterprises influencing the soil quality give the opportunity to build an adequate, of modern requirements, model of prognosticating the soil state. Using mathematical and imitation modelling considerably extends possibilities of applying information technologies in the management of soil fertility.

**Key words:** mathematical model, imitation model, modelling, information technologies, soil fertility.

Fig.: 2. Bibl.: 7.

**Постановка проблеми.** Основними причинами низької віддачі земельного капіталу в Україні є недбале ставлення до земельних ресурсів, невизначеність реального власника, помилкова стратегія екстенсивного використання земель, застарілі техніка і технологія оброблення ґрунту, виробництво сільськогосподарської продукції, що зменшує якість стану ґрунтів, недотримання науково обґрунтованих систем ведення землеробства і, зокрема, недотримання сівозмін, нераціональне внесення мінеральних та недостатньої кількості органічних добрив та інших заходів.

Інтенсивний антропогенний вплив на ґрунт поставив виробників сільськогосподарської продукції перед необхідністю збереження земель сільськогосподарського призначення та запобігання їх деградації. Однією з передумов вирішення цієї проблеми є моделювання і прогнозування стану родючості ґрунту. Використання з цією метою математичних та імітаційних методів моделювання і прогнозування конкретизує розуміння всіх процесів, що відбуваються та можуть відбутися у ґрунтах, наслідків використання відповідних техніки і технологій, дозволяє знаходити ефективні управлінські рішення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розв'язання задач керування складними системами, до яких відносяться й агроєкосистеми, тісно пов'язано з формалізацією об'єкта та побудовою функції управління ним, що у свою чергу вимагає пошуку нових підходів до застосування інформаційних технологій у сфері побудови адекватних математичних та імітаційних моделей прогнозування стану ґрунту. Проблемі обґрунтування принципів і методів управління земельними ресурсами присвячені роботи таких

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

учених, як І. К. Бистряков, С. Ю. Булигін, С. М. Волков, В. В. Горлачук, Г. І. Горохов, Д. С. Добряк, С. І. Дорогунцов, В. В. Дорофійенко, М. В. Калінчик, О. П. Канащ, С. М. Кваша, О. Г. Мордвінов, Л. Я. Новаковський, С. О. Осипчук, І. В. Петенко, С. Ф. Поважний, І. А. Розумний, А. Я. Сохнич, М. М. Трегобчук, А. М. Третяк, В. М. Федоров. Моделі управління родючістю ґрунту розглядали: В. М. Бельченко, Д. М. Дурманов, І. І. Карманов, В. А. Светов, Л. І. Шишов та ін.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Застосування інформаційних технологій до управління сільськогосподарськими підприємствами дозволяє на основі науково обґрунтованої технології для певного стану ґрунту, визначити та реалізувати раціональну, адаптовану до місцевих умов, технологію вирощування відповідної культури. Різноманітність ґрунтокліматичних умов ускладнює застосування аналогічних закордонних систем та систем, розроблених для різних регіонів України.

**Мета статті.** Метою статті є системний аналіз факторів впливу на родючість земель сільськогосподарського призначення, а також виявлення особливостей, що впливають на автоматизацію управління стоном родючості ґрунту та підвищення біопродуктивності земельних ресурсів.

**Виклад основного матеріалу.** В сучасних умовах господарювання сільськогосподарських виробників, які характеризуються значною інтенсифікацією використовуваних ресурсів і їх впливу на навколишнє середовище, збільшенням обсягу інформаційних ресурсів, які необхідно враховувати під час прийняття управлінських рішень, традиційні емпіричні методи прийняття рішень стають менш ефективними. Розвиток технологій, що використовуються у сільському господарстві, вимагає пошуку нових методів управління та впровадження новітніх інформаційних технологій заснованих на методах математичного моделювання.

Застосування математичного моделювання передбачає в першу чергу отримання математичної моделі досліджуваного процесу, яка найбільшою мірою його описує. За наявності такої моделі виникає можливість дослідження реального процесу через заміну його математичною моделлю, що дозволяє значно зменшити витрачання ресурсів для вирішення поставлених практичних завдань.

У процесі розроблення і використання математичних моделей для вивчення стану родючості ґрунтів керуються загальними принципами і методами математичного моделювання та прогнозування.

Ефективними формами моделювання є математичне та імітаційне моделювання, тобто відображення системи певною сукупністю математичних залежностей, що заміщує реальний об'єкт дослідження, але відображає його суттєві властивості.

Побудова адекватної математичної моделі реального процесу або явища більшою мірою залежить від можливості кількісно оцінити вплив чинників, що характеризують поведінку реального об'єкта, які у процесі дослідження можуть змінюватись або залишатись постійними.

Вирішити цю проблему допомагає імітаційне (лат. *imitatio* – наслідування) моделювання – метод дослідження складних систем завдяки дослідженню їх математичних моделей за допомогою комп'ютерних технологій.

Імітуючи можливі умови функціонування системи через варіації значень коефіцієнтів у математичних рівняннях, визначають множину величин, що впливають на поведінку системи. Тому перед побудовою математичної моделі необхідно завдяки декомпозиції виявити елементи системи, які характеризують найістотніші властивості досліджуваного об'єкта та які можуть бути кількісно виміряні. Процедура побудови такої віртуальної спрощеної системи називають математичною формалізацією реального об'єкта, що потребує виявлення та оцінювання зв'язку між окремими елементами

системи та між елементами системи і зовнішнім середовищем. На етапі встановлення кількісних зв'язків і співвідношень між елементами побудованої системи широко використовують методи математичної статистики і побудови емпіричних формул. Найчастіше для виявлення зв'язку використовують регресійні моделі:

поліноміальну:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + b_1X_1^2 + a_2X_2 + b_2X_2^2 + c_1X_1X_2 \quad (1)$$

або мультиплікативну:

$$Y = a_0f_1(X_1)f_2(X_2) \dots f_n(X_n) \dots, \quad (2)$$

де  $a, b, c$  – емпіричні коефіцієнти;

$X_1 \dots X_n$  – фактори, що впливають на родючість ґрунту;

$f_1 \dots f_n$  – функції, що визначають вплив окремих факторів на родючість ґрунту.

Особливістю імітаційного моделювання є побудова вербальної моделі досліджуваного об'єкта з подальшою формалізацією та математичним описом, що дозволяє використовувати вже відомі методи, включаючи методи програмної інженерії, системного аналізу і математичного моделювання. Імітаційна модель дозволяє уникнути повного математичного опису реальної системи, що уможливує використання додаткової інформації про реальну систему, яку одержують внаслідок її вивчення за допомогою емпіричних методів і яку не можна виміряти кількісно, а значить виразити точними математичними залежностями.

Побудова моделі реального об'єкта залежить від багатьох складових, у першу чергу від мети дослідження, тому цей процес не може бути чітко формалізованим та алгоритмізованим, але у найбільш узагальненому вигляді (незалежно від типу моделі) можна виділити такі етапи моделювання [1–4]:

- постановка задачі та визначення ступеня її складності;
- аналіз наявних моделей цього об'єкта й обґрунтування вибору типу моделі;
- розроблення якісної моделі у вигляді блок-схеми;
- формалізація якісної моделі та ідентифікація її структури;
- визначення виду функціональної залежності і параметрів моделі;
- оцінювання адекватності моделі;
- реалізація моделі.

Під час розроблення моделі виникає дилема досконалості моделі, по-перше, модель повинна якомога повніше враховувати властивості реального об'єкта, що зменшить невизначеність формалізації самого об'єкта, по-друге, це може призвести до збільшення параметрів моделі і помилок їх кількісного вимірювання. Імітаційне моделювання в декілька ітерацій дозволить зменшити експериментальну складову невизначеності та спростити вихідну математичну модель. При цьому треба дотримуватись раціональної рівноваги між спрощенням моделі та її адекватності, що можливо досягнути лише порівнянням прогнозованих станів системи зі станом реального об'єкта (рис. 1).

Правильне використання методу математичного та імітаційного моделювання у ґрунтознавстві вимагає чіткого розуміння специфіки об'єкта дослідження – ґрунту. Основними особливостями під час розгляду стану ґрунту як системи є [5]:

- складність та ієрархічність структури ґрунту;
- відкритість;
- багатофакторність зовнішнього та внутрішнього середовища;
- динамічність;
- цілісність;
- інертність;
- нестационарність;
- нелінійність.



Рис. 1. Структурна схема розроблення інформаційних технологій управління станом ґрунту

Одним з важливих напрямків в агрохімічних дослідженнях є експериментальне вивчення зв'язків врожаю з властивостями ґрунтів та внесеними органічними та мінеральними добривами. Численні дослідження в цьому напрямку показали, що виявлення і вимірювання зв'язку врожаю з властивостями ґрунтів надзвичайно складна задача. Складність обумовлюється тим, що на продуктивність ґрунту одночасно впливає багато факторів як детермінованих, так і змінних у просторі і часі. Внесення у ґрунт мінеральних і органічних добрив ще більшою мірою ускладнює взаємозв'язок між якісним станом ґрунту і врожаєм сільгоспкультур, бо останні впливають як на продуктивність рослин, так і на властивості самого ґрунту.

Сучасна концепція екологічного природокористування вносить корективи у вчення про біосферу, розпочату російським вченим В. І. Вернадським, розглядаючи ґрунти як геомембрану планети [6], аналогічну біомембранам, яка здатна вибірково відбивати, поглинати чи пропускати і трансформувати енергетичні та матеріальні потоки між внутрішніми та зовнішніми оболонками землі. Ґрунти є механізмом, що регулює взаємодію між геосферами, а також між біотою, літосферою, гідросферою та атмосферою в межах біосфери планети. Ґрунти в системі геосфер відіграють роль однієї з земних оболонок – педосфери, виконуючи відповідні глобальні функції.

Однією з глобальних функцій ґрунтів є забезпечення життя на Землі. У ґрунтах сконцентровані хімічні елементи і сполуки, необхідні для життєдіяльності мікроорганізмів, вода і поживні речовини для рослин. Така функція ґрунтів називається родючістю.

Будь-яке дослідження спрямоване на вирішення певної практичної проблеми. Формулювання проблеми й адекватна оцінка чинників, що впливають на неї, є важливим завданням, яке дозволяє більш ґрунтовно організувати етапи роботи з її вирішення. Для вибору оптимального рішення необхідно виявити й оцінити взаємозв'язки між елементами самої системи та системи з зовнішнім середовищем. Тому під час вивчення склад-

них систем у галузі сільського господарства слід використовувати системний підхід та моделі, які служать абстрактними замінниками реальних об'єктів.

Визначень поняття «система», на якому ґрунтується системний підхід, існує багато, але у всіх підкреслюється головне – цілісність системи, тобто структурно-функціональна єдність елементів, що утворюють упорядкований комплекс. Елементи відкритої системи завжди знаходяться в певних відносинах між собою і з зовнішнім середовищем. Виділення меж системи сприяє однозначному визначенню області дослідження та алгоритму дій по її вивченню.

У загальному значенні під системою розуміють цілісну сукупність елементів, що пов'язані між собою законами існування та розвитку.

Отже, ґрунт слід розглядати як складну саморегулюючу систему живих і неживих компонентів, в якій відбувається зовнішній і внутрішній кругообіг речовини й енергії і яка здатна зберігати стійкість до дії антропогенних та техногенних чинників лише в певних межах (рис. 2).

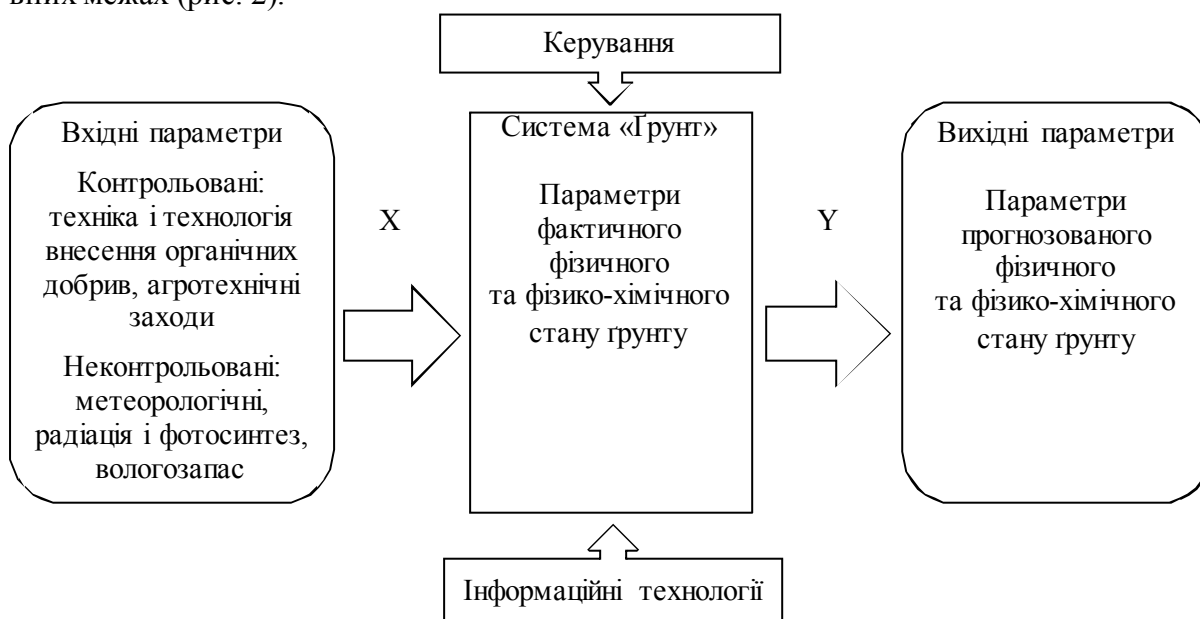


Рис. 2. Інформаційні технології в системі «Ґрунт»

Таким чином, розглядаючи ґрунт як систему, всю сукупність вхідних параметрів можна розділити на дві групи:

- параметри настройки (контрольовані), які не обов'язково повинні володіти конкретним хіміко-фізичним або біологічним змістом;
- змістовні (неконтрольовані) параметри, які мають хіміко-фізичний або біологічний сенс [7].

Перша група вхідних параметрів за своїм змістом може бути кількісно оцінена та врахована в моделі, побудованій на основі інструментарію кореляційно-регресійного аналізу, з тією особливістю, що вони характеризують не статичні залежності, а відображають динаміку тих чи інших процесів. При цьому слід враховувати, що чим більше параметрів першої групи входить у модель: по-перше, вона більш універсальна, по-друге, більш громіздка. Друга група вхідних параметрів може бути формалізована на основі імітаційних моделей.

З іншого боку, класифікація вхідних у системи може бути здійснена за їх впливом на кінцевий результат (прогнозований стан ґрунту), а відповідно, віднесені до певного блоку моделі. Оскільки ми маємо справу із системою «рослина – атмосфера – ґрунт», то всі параметри повинні ставитись у співзалежність до «ґрунтового» блоку, в тому числі,

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

низка параметрів, що описують процеси у рослинах, а інші повинні знайти відображення в підсистемах, що описують процеси перенесення енергії і речовини як у ґрунті, так і в атмосфері. Розподіл параметрів на групи дає можливість застосовувати вихідну модель для різних типів ґрунтів у різних природно-кліматичних умовах.

Поєднання інструментарію кореляційно-регресійного аналізу та імітаційного моделювання дозволяє здійснювати розрахунок за допомогою вихідної моделі, що налаштована на певний тип ґрунту, для ґрунту іншого типу. Для цього лише необхідно змінити вхідні параметри, що характеризують ґрунт, та природно-кліматичні умови.

Розглянемо базову структуру моделі, яка включає в себе такі основні підсистеми.

Підсистема контрольованих параметрів включає в себе інформацію про наявні техніко-технологічні можливості сільськогосподарського підприємства.

Підсистема неконтрольованих параметрів декомпонується на кілька підсистем:

– підсистема метеоінформації, інформаційна база якої формується на основі даних про минулі метеоумови, або прогнозуються за допомогою генератора погодних умов, що являють собою неконтрольовані вхідні сигнали системи;

– підсистема радіації і фотосинтезу, у спрощеному варіанті передбачає розрахунок сумарного за добу радіаційного балансу посіву та радіаційного балансу на поверхні ґрунту;

– водний баланс (вологозапас) моделюється в підсистемі динаміки ґрунтової вологи.

**Висновки та пропозиції.** Основними проблемами моделювання стану родючості ґрунту на сучасному етапі є не розроблення нових моделей, а імплементація сучасних інформаційних технологій до вже відомих методів моделювання та прогнозування стану родючості ґрунту. Це обумовлено, в першу чергу, часовою та просторовою мінливістю параметрів, що закладені в найпростіші математичні моделі родючості ґрунту, що призводить до необхідності розроблення локальних моделей на рівні окремих сільськогосподарських виробників.

Таким чином, основні цілі застосування інформаційних технологій моделювання стану родючості ґрунту на сучасному етапі полягають у виявленні недостатньо розроблених питань та перегляду системи «ґрунт» відповідно до сучасних потреб управління земельними ресурсами з метою отримати нові знання для побудови адекватних моделей. Це дозволить вирішити багато практичних завдань і підвищити ефективність використання земель сільськогосподарського призначення на основі моніторингу стану ґрунтів їх діагностиці та прогнозуванні родючості.

З наведених цілей випливають основні вимоги до використання моделей родючості ґрунту:

- забезпечення інформаційних потреб про множину можливих станів ґрунту;
- можливість імітувати динамічні процеси в ґрунті, прогнозувати властивості ґрунту, кругообіг та баланс речовин, енергії та інформації під впливом керуючих сигналів;
- визначати економічний та екологічний ефект від прийняття управлінських рішень.

#### Список використаних джерел

1. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М. : Наука, 1978. – 418 с.
2. Лаврик В. І. Моделювання і прогнозування стану довкілля : підручник / В.І. Лаврик. – К. : Академія, 2010. – 400 с.
3. Томашевський В. М. Імітаційне моделювання систем і процесів : навч. посіб. / В. М. Томашевський. – К. : ІСДО, 1994. – 124 с.
4. Томашевський В. М. Моделювання систем : підручник / В. М. Томашевський. – К. : Видавнича група ВНУ, 2005. – 351 с.
5. Рыжова И. И. Математическое моделирование почвенных процессов / И. И. Рыжова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 82 с.

6. *Заграй Я. М.* Моделювання і прогнозування стану довкілля : навч. посіб. / Я. М. Заграй, О. А. Котовенко. – К. : КНУБА, 2007. – 120 с.

7. *Полуэктов Р. А.* Теоретические и прикладные модели динамики агроэкосистем [Электронный ресурс] / Р. А. Полуэктов. – Режим доступа : <http://www.sbras.ru/ws/Lyap2001/2071/#r9>.

**Нехай Валентин Валентинович** – аспірант кафедри програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Нехай Валентин Валентинович** – аспирант кафедры программной инженерии, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Nekhai Valentyn** – PhD student of Department of Software Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** valentin\_nehai@meta.ua

UDC 621.3.05

*Volodymyr Kazymyr, Andrii Mokrohuz*

## INFORMATION TECHNOLOGIES OF MOBILE APPLICATIONS DEVELOPMENT

*Володимир Казимир, Андрій Мокрогуз*

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ.

*Владимир Казимир, Андрей Мокрогуз*

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

*The paper describes the problems that developers have to face during development of mobile applications. One of the most important issues, which developers need to overcome are GUI consideration for small screens of mobile devices, multiplatform development, performance issues, security issues and battery life. Some Web applications also require offline mode to satisfy users' requirements. Developers of mobile applications have to think through all these issues. Three types of mobile applications have been considered alongside with their advantages and disadvantages. Despite all disadvantages, all three types take their niche in the world of mobile applications. The overview of mobile application development technologies has been made in the article. As the result, client-server architecture with HTTP(S) application level protocol was identified as one of the most popular and reliable nowadays.*

**Key words:** mobile application, web application, HTTP, client-server.

*Fig.:* 1. *Bibl.:* 21.

*Описано проблеми, з якими розробники доводиться стикатися у процесі розроблення мобільних додатків. Одними з найбільш важливих питань, які розробники повинні вирішити, – це графічний інтерфейс користувача для невеликих екранів мобільних пристроїв, розробка для декількох платформ, проблем з продуктивністю, питання безпеки та час роботи батареї без підзарядки. Деякі мобільні веб-додатки також вимагають автономного режиму роботи для задоволення потреб користувачів. Розробники мобільних додатків повинні продумати всі ці питання. Три типи мобільних додатків були розглянуті разом з їх достоїнствами і недоліками. Незважаючи на всі недоліки, всі три типи займають свою нішу в світі мобільних додатків. Розглянуто технології розроблення мобільних додатків. У результаті було визначено, що клієнт-серверна архітектура з протоколом програмного рівня HTTP є однією з найпопулярніших і надійних на сьогодні.*

**Ключові слова:** мобільний додаток, веб додаток, HTTP, клієнт-сервер.

*Рис.:* 1. *Бібл.:* 21.

*Описаны проблемы, с которыми разработчики приходится сталкиваться в процессе разработки мобильных приложений. Одними из наиболее важных вопросов, которые разработчики должны преодолеть, – это графический интерфейс пользователя для небольших экранов мобильных устройств, разработка для нескольких платформ, проблем с производительностью, вопросы безопасности и время работы батареи без подзарядки. Некоторые мобильные веб-приложения также требуют автономного режима работы для удовлетворения потребностей пользователей. Разработчики мобильных приложений должны продумать все эти вопросы. Три типа мобильных приложений были рассмотрены наряду с их достоинствами и недостатками. Несмотря на все недостатки, все три типа занимают свою нишу в мире мобильных приложений. Рассмотрены технологии разработки мобильных приложений. В результате было определено, что клиент-серверная архитектура с протоколом уровня приложения HTTP является одной из самых популярных и надежных на сегодняшний день.*

**Ключевые слова:** мобильное приложение, веб приложение, HTTP, клиент-сервер.

*Рис.:* 1. *Библ.:* 21.

**Introduction.** Mobile devices differ from the standard PCs and still require special tools for software development. It is possible to distinguish problems dealing with GUI (graphic user interface), 3D graphics, web security, battery life, access to the file system etc.



Mobile devices have different screen resolutions and different hardware. Software also depends on manufacturer, so devices usually have different operation systems and applications. Therefore, every operation system requires different tools for application’s development, so developers have to choose platform and tools for development.

Applications for mobile devices require flexible solutions from developers of GUI, because web application for mobile device should not concede to web applications for PCs. Moreover, web applications for mobile devices should provide additional functionality and usability for users. This happens due to the fact, that mobile devices as usual have smaller screen size than PC, so developers have to think about design for web applications [1; 2].

We have distinguished some problems, which developers of mobile applications can face with.

There are many platforms available for mobile applications’ developers. Sometimes it is very hard to choose appropriate solution to implement mobile apps, especially if developers target couple platforms at once [3]. Fig. 1 shows distributions of popular operations system (OS) for mobile devices [4].

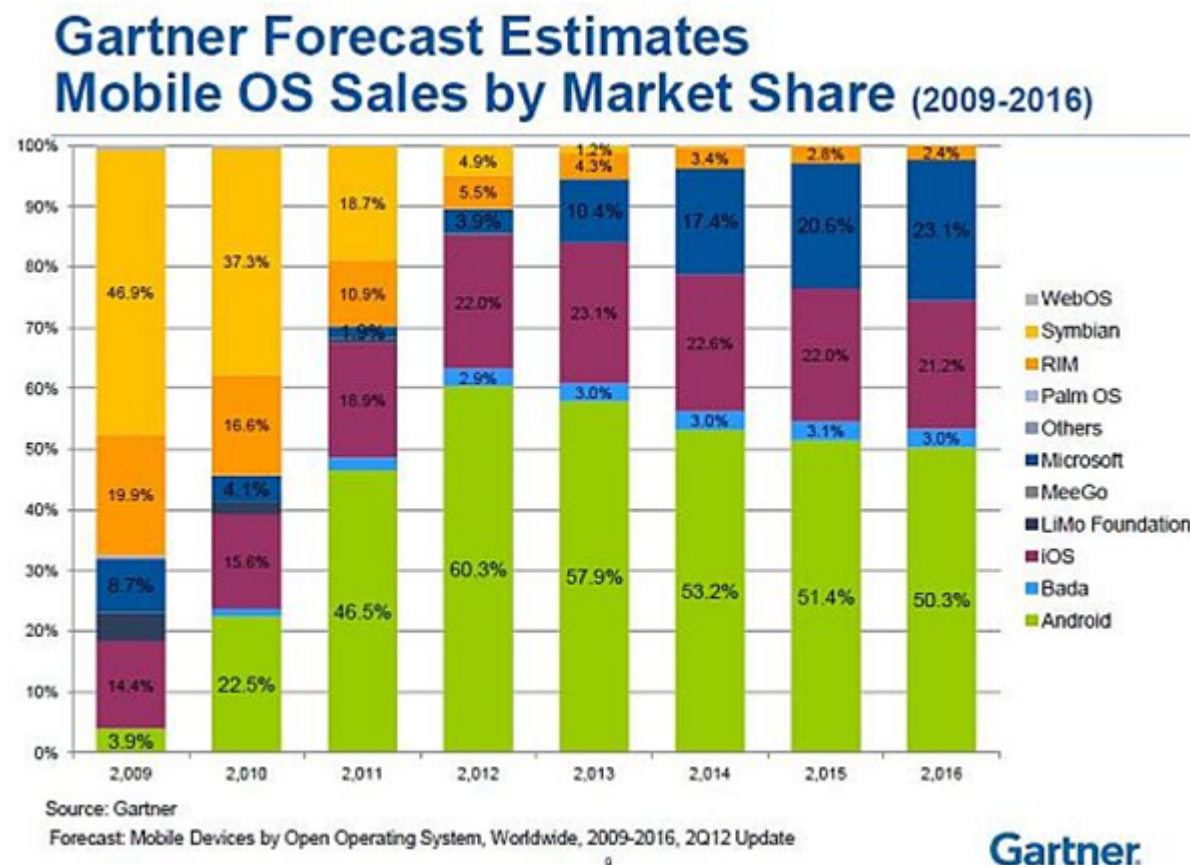


Fig. 1. Mobile devices OS distribution [4]

Choice of a technology to use becomes important issue on the way of mobile application developers.

Another issue that may arise is appropriate architecture and technologies for mobile applications. There are many types of mobile applications and architectures [5]. Obviously, each type requires different skills of developers and has restrictions in terms of OS usage on mobile devices. There is also different architecture can be hired behind each type of the applications. In the paper we show the difference between the mobile applications’ types and propose the appropriate solutions which can be applied in different situations. In addition, we consider some popular technologies to develop mobile applications [3].

**Types of mobile applications.** Nowadays mobile devices use for different purposes, for instance, users often use them for surfing internet, communication, gaming, multimedia etc. Hardware of mobile devices is becoming more powerful and users can use applications and games with high requirements for hardware. Developers need tools for 3D games and application development and these tools should provide opportunity to create high quality online applications as well. There are many game engines for different mobile platforms and one of them is game engine called unity 3D [6]. This game engine provides features to create high quality 3D game applications [7].

Another constraint dealing with 3D and multimedia application is battery life of mobile device. Developers should take care of economic using of battery and develop an application, which uses resources of mobile device efficiently [8].

Security of mobile applications and device is a very important problem. Web-based applications have a very high risk of attacks. These attacks target the most common vulnerabilities such as cross-site scripting call (cross-site scripting), the introduction of SQL (SQL injection), modification of the parameters (parameter tampering), fake cookie-files (cookie poisoning) and leaked. The traditional perimeter security systems such as firewalls and intrusion detection systems do not protect against attacks. Access control, firewalls, intrusion detection systems and intrusion prevention systems are an integral part of the security applications that protect the perimeter. However, these mechanisms are not fully protecting Web-based applications from attack on mobile devices, because security system are not very popular on mobile devices and many users of mobile devices do not even use firewalls or antivirus software.

These applications use Web-based technology and the principles of Web-user interaction with the application and can directly attack and bypass established security perimeter. Attackers know this, so most of the attacks are the direct attacks on Web-based applications. Application developers need to learn strategies to protect against attacks. They also have to take into account several factors that are the cause of a number of attacks, for instance: the majorities of Web-application developers are not security experts and may not know about the vulnerabilities. Many developers are not familiar with the best practices of Web-based applications protection. Often, the main priority is functionality, and security issues are resolved later by the modernization of the finished application.

The development environment is changing at high speed, including updates of the code itself, as well as infrastructure. Some of these changes are not checked and tested by professionals in the field of applications security.

The above factors dictate the rules that should be followed for any developer to write better code such as education, studying new solutions, integration of the testing in the development plan and identification of vulnerabilities in the early stages [9].

Creating applications that can run on different operating systems and different mobile devices can be a daunting task. As it was mentioned above, high demand for «smart» mobile applications requires high-performance hardware. One solution to this situation is to create Web-based applications, as they can run on mobile devices based on different platforms. In fact, you can do just one version of the application. However, there are two participants in communication, they are client and server. Web-applications developed for mobile devices are becoming increasingly popular. However, the instability of access to networks is a major obstacle to the use of Web-based technologies as part of the cloud infrastructure. Traditional Web-application simply does not work when there is no network access, but it is possible to provide opportunity for using application offline. Off-line Web-based applications are storing data in a database on the client side and mobile users can work with the functions of the cloud infrastructure or work in offline mode with a local host and a local database, synchronizing

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

data to the cloud when you resume access to the network. For instance, local database is implemented in the current version of Safari from Apple. It has a built-in database SQLite, which can be accessed from JavaScript via SQL-queries. This database stores business model of an application [10].

Normally mobile devices use Wi-Fi internet access points to access to the Internet. Hence, there is a significant problem dealing with battery life of mobile devices, because Wi-Fi consumes capacity of the battery. Manufacturers increase capacity of the battery for mobile devices to provide longer operation of the device. Another solution for this problem is changing Wi-Fi specification to incorporate power saving mode in Wi-Fi Technology to optimize power consumption of clients [11].

Many Mobile devices have the same set of functionality as PCs. No doubt, mobile devices can run all types of application such as native applications, web applications and hybrid applications. All these types of applications have advantages and disadvantages in comparison with each other, so developers should choose different types of applications for different purposes to achieve the best result.

*Native applications*

All resources give the same definition to the term “native application”. A native application is an application that has been developed for use on a particular operation system or platform or device [12]. Therefore, a native application could not be run on different platforms and sometimes a native application is developed for one version of operation system is not always able to run on another version of the same operation system (OS). This type of application is installed directly on mobile device by user and all the native application data is stored on mobile device as well [13; 14].

Native applications play a very important role and could not be replaced by other type of application in the nearest future. As it was mentioned above, a native application is developed only for one platform and OS. It is an advantage and a disadvantage at the same time, because native application can use all device-specific (platform specific) hardware and software. For instance, it is possible to use camera, GPS system, microphone, file system etc. [9]. Another advantage is that native apps are very fast and can produce the best users’ experience. Games for mobile devices are a very good example. Native apps have high level of security, because usually native app does not have access to the Internet, so it decreases potential risk of attacks.

However, orientation on one platform has a lot of limitations. One of them is number of native apps for platforms. Normally it is required to develop a native app for each platform and it is not easy task, because developing requires knowledge in objective C, Java and C#. Therefore, developing requires more resources and time. Native app should be installed and updated by user and it is not very convenient, because user can ignore update and continue using old version of application. Before users can install application it should be uploaded onto marketplace or app store and it requires additional time and costs from developers.

*Web applications*

A web application is an application that is stored on remote server and users have access to the application over the Internet via browser interface. Web apps are very good solution for different types of devices and platforms [15]. “Build once, run anywhere” concept is a very promising and can reduce resources and time for developers. Web application does not require separate version for each type of the device platform they are crossplatform and can be created only once [16]. There are a lot of tools and technologies for developing web applications, so, development is becoming more convenient, rapid and robust. As it was mentioned above, a web app access is provided via browser, so users do not need to install application on their device. Users need only access to the internet and appropriate version of

browser on the mobile device. Developers can update web application and all users get new version of it.

Web apps could not fully replace native application for mobile device, because it is impossible to get access to the native platform features and some securities issues arise. Users for accessing web apps require the internet connection and using of web apps remains impossible without it. Web app developers found solution to this problem. It was decided to provide offline access to users of web apps and use local data storage with synchronization of the data.

Despite these entire disadvantages web applications' development is improving very fast because of HTML5, friendlier version of web language and the hard work of W3C [17; 18].

#### *Hybrid applications*

A hybrid application is an application that combines elements of native and web applications. Therefore, hybrid app development combines advantages and disadvantages related to web and native apps [19]. Developers have to use toolkits for hybrid application development. For instance, Sencha's Complete Team, Titanium, Mobile frame, PhoneGap are toolkits which allows development of hybrid applications. A hybrid application is a web application which is built using HTML5 and java script, but it is wrapped into native container which gives access to native features of the mobile device.

A hybrid application can function without internet connection and store data locally. As it was mentioned above, it has access to platform features and web services. Developers of hybrid applications just need knowledge in HTML and Java Script to implement hybrid application. Basic knowledge in platform specific language is also required, but it is not so important. Another benefit is support of hybrid application by all platforms, so, it reduces resources required for development.

However, there are many drawbacks dealing with hybrid applications. Despite opportunity of using native features of the platform, hybrid applications have a very poor performance while accessing camera, file system etc. Native apps have better performance and provide more secured access. Another problem is graphic user interface (GUI), because hybrid applications do not have all prebuild effects like touch etc. It is very hard to develop 3D hybrid applications, because performance of these apps does not allow using 3D acceleration on 100%. However, hybrid applications have their place among other types of applications for mobile device [20].

**Technologies to develop mobile applications.** Nowadays more and more applications have client server architecture and it is very hard to find piece of software, which does not have server part. Client and server software parts should have opportunity to communicate with each other. There are many technologies to provide communication between client and server, for instance, RMI (remote method invocation), XML-RPC, JSON-RPC, CORBA etc. It is also possible to use low level API based on sockets to provide interaction. However, client and server usually use different API, technologies, for instance, server can be implemented in Java language, and clients are using .Net, Objective C technologies or Android API. It is required to provide communication between these pieces of software using unified technology to avoid implementation of the same business logic in different languages. Of course, developers could implement different types of server software to provide functionality for each type of client, but it is not efficient and takes a lot of time.

Web service technology allows providing communication between different types of client and server software and server software could be implemented only once. W3C definition of web service is - "A Web service is a software system designed to support interoperable machine-to-machine interaction over a network. It has an interface described in a machine-processable format (specifically WSDL). Other systems interact with the Web

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

service in a manner prescribed by its description using SOAP messages, typically conveyed using HTTP with an XML serialization in conjunction with other Web-related standards” [21]. Web service is an application component, which uses open protocols for communication and can be used by different applications and bases on XML or JSON. A web service based system with client server architecture is a very useful for developing application and has several advantages compared to other technologies. Web services can work outside the local network and allows using different languages to access web services. Client application is free to choose service and make a request anytime, because web services are always available. As it was mentioned above, web services provide data for clients, which were developed for different platforms. Web services use standard web technologies and this makes them very easy and powerful technology for developing. Security of web services is also one of the main advantages and security is already build-in, for instance SSL.

Web services use plain text protocols, so amount of data transferred through the network increases significantly. Another disadvantage is an impossibility to send data from server to client without request from client's side. Asynchronous requests and long polling allows doing that, but it is not always applicable. Web services use HTTP and HTTPS, which are stateless, so client and server know nothing about each other when no data is transferred. Server could delete all information about client if client does not send any information. Nevertheless, HTTP(S) is the most popular protocol to provide communication between client and server applications.

**Summary.** Mobile device applications have some traits, which other types of applications does not have. Mobile application developers solve big amount of problems to create a mobile application. However, they should pay attention on GUI, which has limitations because of small screens, security for standalone and web based applications, tools they use to create mobile applications, performance issues which mobile device can face with and other limitations, which are typical for mobile devices.

Appropriate type of a mobile application is an important thing to consider. Three types of mobile application have been defined in the article. These types are a native application, a web-based application and a hybrid application. Developers can use any of the types, however wrong decision can delay development.

All these types of application can be a part of the client-server architecture. Communication between client and server can be provided by HTTP protocol.

### References

1. Vithani, T. & Kumar, A. (2014). Presentation 5. A comprehensive mobile application development and testing lifecycle. *IT Professional Conference (IT Pro), 2014*, Gaithersburg, MD, pp. 1–3.
2. Mahmud, D.M. & Abdullah, N.A.S. (2014). Mobile application development feasibility studies: A case study in Universiti Teknologi MARA. *Open Systems (ICOS), 2014 IEEE Conference on*, Subang, pp. 30–35.
3. S. Vojvodić, M. Zović, V. Režić, H. Maračić and M. Kusek, "Competence transfer through enterprise mobile application development," *Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2014 37th International Convention on*, Opatija, 2014, pp. 448–452.
4. Gartner, Inc. is an American research and advisory firm providing information technology related insight. [Online]. Viewed 2016, March 23. Available: <http://www.gartner.com/technology/home.jsp>.
5. Barkan Saeed. Native Vs Mobile Web Vs Hybrid Apps. [Online]. Viewed 2016, March 14. Available: <http://mobilenext.net/native-vs-mobile-web-vs-hybrid-app/>.
6. Mobile Game Engines for iPhone, iPad, & Android: Cocos2D, Corona, ShiVa, Torque, Unity3D, & UNREAL. [Online]. Viewed 2015, April 13. Available: <http://www.burtonsmediagroup.com/blog/2010/06/game-engines-for-iphone-ipad-android-cocos2d-corona-torque-unity-3d/>.
7. Unity 3D official site. [Online]. Viewed 2015, April 13. Available: <http://unity3d.com/>.

8. Standards for Web Applications on Mobile: February 2015 current state and roadmap. [Online]. Viewed 2013, April 10. Available: <http://www.w3.org/2012/02/mobile-web-app-state/>.
9. Mobile Device Security. [Online]. Viewed 2015, April 11. Available: <https://wiki.internet2.edu/confluence/display/itsg2/Mobile+Device+Security>.
10. My Safari Browser SQLite Database Hello World Exampleю. [Online]. Viewed 2013, April 20. Available: <http://www.bennadel.com/blog/1940-My-Safari-Browser-SQLite-Database-Hello-World-Example.htm>.
11. Keshav, K.; Indukuri, V.R.; Venkataram, P., "Energy efficient scheduling in 4G smart phones for Mobile Hotspot application," Communications (NCC), 2012 National Conference on , vol., no., pp.1,5, 3-5 Feb. 2012.
12. Definition of: native application. [Online]. Viewed 2015, April 20. Available: [http://www.pcmag.com/encyclopedia\\_term/0,2542,t=native+application&i=47651,00.asp](http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0,2542,t=native+application&i=47651,00.asp).
13. Mobile applications: native v Web apps – what are the pros and cons? [Online]. Viewed 2015, April 20. Available: <http://mobithinking.com/native-or-web-app>.
14. Native app. [Online]. Viewed 2015, April 20. Available: <http://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/native-application-native-app>.
15. Web application (Web app). [Online]. Viewed 2015, April 20. Available: <http://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/Web-application-Web-app>.
16. Native Apps vs. Mobile Web: Breaking Down the Mobile Ecosystem. [Online]. Viewed 2015, April 20. Available: <http://www.wired.com/insights/2012/11/native-apps-vs-mobile-web/>.
17. Why Web Apps Will Crush Native Apps. [Online]. Viewed 2015, April 20. Available: <http://mashable.com/2012/09/12/web-vs-native-apps/>.
18. Native App vs. Mobile Web App: A Quick Comparison. [Online]. Viewed 2013, April 20. Available: <http://sixrevisions.com/mobile/native-app-vs-mobile-web-app-comparison/>
19. Hybrid application (hybrid app). [Online]. Viewed 2015, April 20. Available: <http://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/hybrid-application-hybrid-app>.
20. Native, HTML5, or Hybrid: Understanding Your Mobile Application Development Options. [Online]. Viewed 2013, April 20. Available: [http://wiki.developerforce.com/page/Native,\\_HTML5,\\_or\\_Hybrid:\\_Understanding\\_Your\\_Mobile\\_Application\\_Development\\_Options](http://wiki.developerforce.com/page/Native,_HTML5,_or_Hybrid:_Understanding_Your_Mobile_Application_Development_Options).
21. Web Services. [Online]. Viewed 2015, April 14. Available: <http://www.w3.org/DesignIssues/WebServices.html>.

**Kazymyr Volodymyr** – Doctor of Technical Sciences, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**Казимир Володимир Вікторович** – доктор технічних наук, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Казимир Владимир Викторович** – доктор технических наук, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**E-mail:** [vvkazymyr@gmail.com](mailto:vvkazymyr@gmail.com)

**Mokrohuz Andrii** – PhD student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**Мокрогуз Андрій Олександрович** – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Мокрогуз Андрей Александрович** – аспірант, доктор технических наук, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**E-mail:** [myworkingadr@gmail.com](mailto:myworkingadr@gmail.com)

*Yevheniy Nikitenko, Mariya Verovko*

## FEATURES OF THE DESIGN OF SOFTWARE PRODUCTS FOR ONLINE MARKETING SERVICES

*Євгеній Нікітенко, Марія Верьовко*

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ОН-ЛАЙН МАРКЕТИНГОВИХ ПОСЛУГ

*Евгений Никитенко, Мария Веревко*

## ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ОНЛАЙН МАРКЕТИНГОВЫХ УСЛУГ

*The process of the gradual development of information computer system with complex architecture for providing services of online marketing is described in the paper. The peculiarities and challenges of mobile application development as part of the system are also analyzed and presented.*

**Key words:** *software development, mobile application, system architecture, database.*

*Fig.: 4. Bibl.: 7.*

*Представлено процес поетапного розроблення інформаційної комп'ютерної системи з комплексною архітектурою для надання послуг онлайн-маркетингу. Також проаналізовано особливості та труднощі розроблення мобільних додатків як частини системи.*

**Ключові слова:** *розробка програмного забезпечення, мобільний додаток, архітектура системи, база даних.*

*Рис.: 4. Бібл.: 7.*

*Представлен процесс поэтапной разработки информационной компьютерной системы с комплексной архитектурой для предоставления услуг онлайн-маркетинга. Также проанализированы особенности и трудности разработки мобильных приложений как части системы.*

**Ключевые слова:** *разработка программного обеспечения, мобильное приложение, архитектура системы, база данных.*

*Рис.: 4. Библ.: 7.*

**Introduction.** Due to the rapid development of information technologies and the importance of their role in daily life, development and implementation of IT systems in the various areas of human life is one of the key tasks of modern IT-technologies.

Establishments that provide people the improvement of their physical condition through regular physical exercises are not an exception from the general trend. An important role in the population of the current task takes the fact that due to the novelty of the recreational industry there are not many information computer systems that perform all the required tasks to automate the customer service process, and the functional set of the existed systems is quite limited.

Another important requirement to the modern information computer systems is the ability to operate not only in browsers, but also on mobile platforms. The implementation of mobile applications requires not only the usage of additional technologies, but also imposes additional restrictions on many aspects of the system implementation, which are usually available and customary for the standard web-clients.

**Related work.** The development of mobile application is a trend area of research of scientists in the last ten years. The usage of mobile technologies in various areas of human life is discovered and presented in a wide range of academic papers, conferences etc. [1–3]. A lot of scientific works are dedicated to the topics of usage mobile apps in academic and education establishments, libraries, laboratories etc. [4–5].

The development of information systems for industry also includes the implementation and design of the software for mobile platform. [6-7]The topic of the development of information computer system for recreation and sport industry is relevant and corresponds with the modern IT requirements.

**General features of subject area.** To implement the information computer system, which will meet all the requirements to software for the selected industry, it is necessary to consider

the main features that are hallmarks of the recreational industry and not common for other areas.

The concepts of services and cards with services are used as products of the industry and commodity for the clients. The services, which performance are provided by a fitness club, are divided into several subspecies, namely: individual services, group services and services, which don't require a specialist. Based on the presented information the conceptual domain model has been developed (Fig. 1).

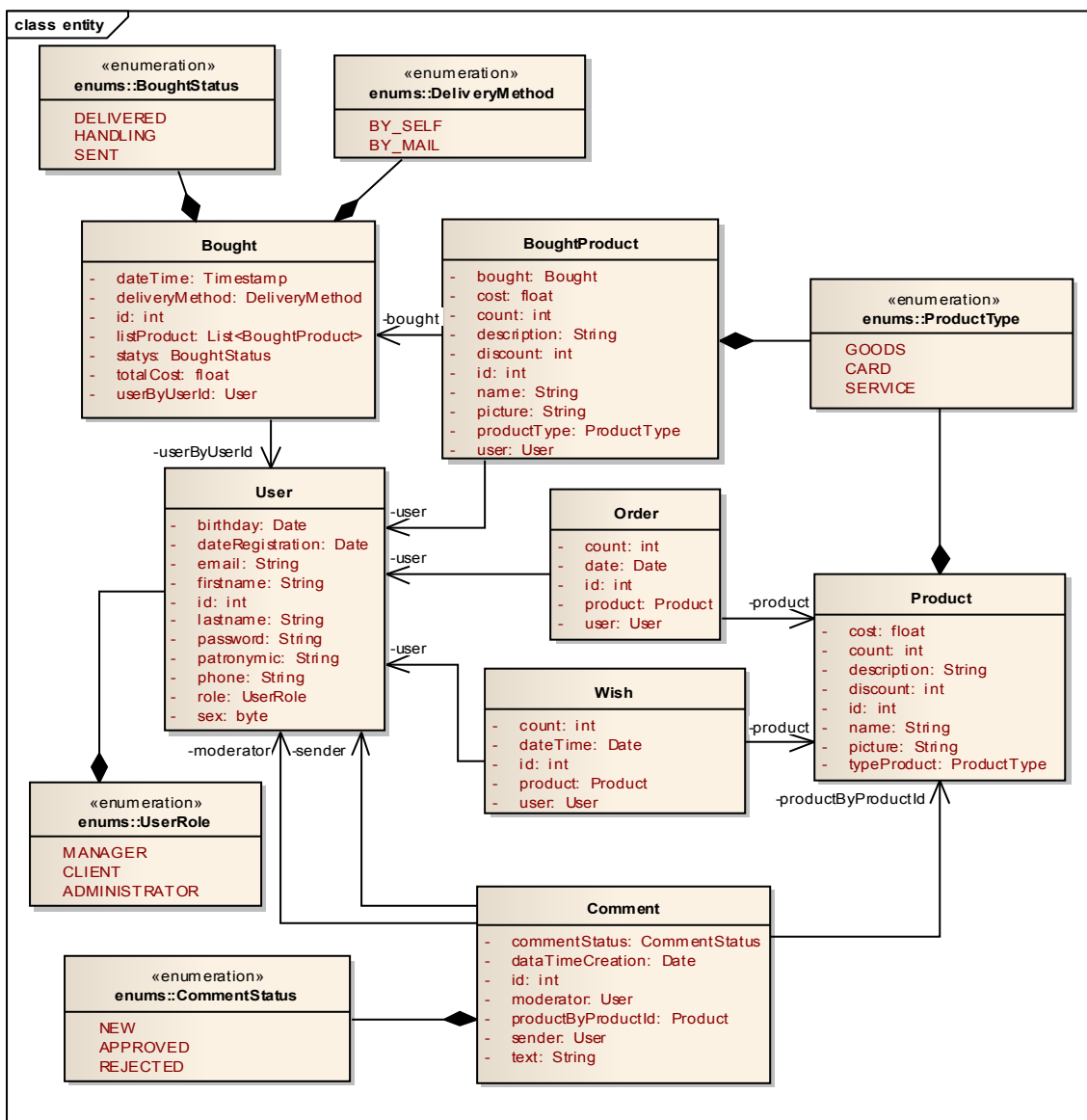


Fig. 1. The conceptual domain model

Special cards are used to account the number of services that establishment must provide to the customer. Cards can also be of two types: cards with a static set of services and client cards, which services set is selected by a client. For the cards of the first type the number and type of the services are specified by the recreation institution. Buying such card a client also gets an ability to give it to other person as a gift. Purchasing of such card can be performed by people who are not members of a sports institution. In case of the client card with a personal set of services, this feature is available only for current members of the recreation complex. To obtain the possibility of acquisition of such card the client must be registered and then can



view the list of available services. When a client has identified the required set of services, he/she is able to buy it that will be displayed in his/her personal account and card.

Another option that should be envisaged is the possible ability to sale not only services but other goods. There are such goods as sports equipment (boxing gloves, elastic bandages etc.) and healthy food (energy or protein drinks etc.).

**Development of the information and computer system.** The structure of the software subsystem is presented in Fig. 2.

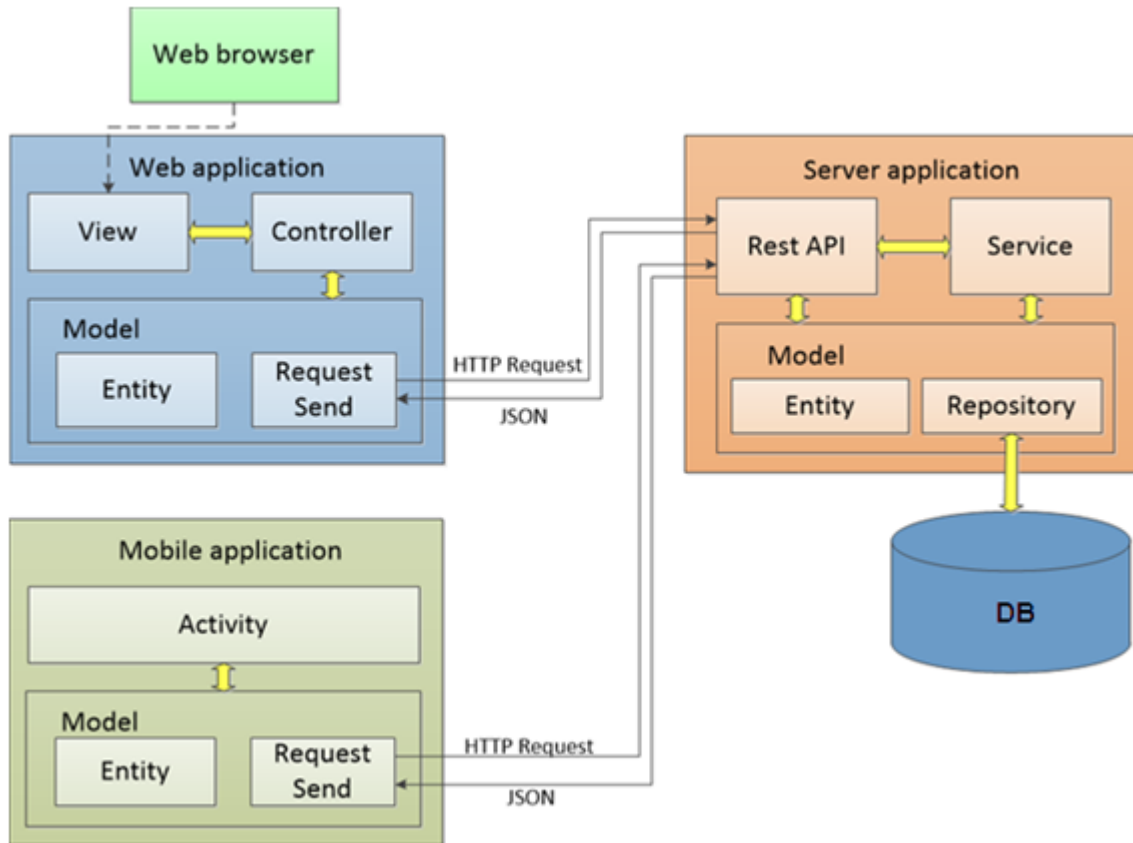


Fig. 2. The structure of the software subsystem

The server that will process the http-queries received from a client application is required to provide system operation. The client application should provide ability to work via both web-application and mobile application. To improve the reliability of information stored in the database the allocation of an additional backup server that should be optimized for the performance of the database server is required.

Server software of the developed system operates closely with the client application via http-protocol and Rest-services. Such realization requires presence of the web-server that will process all requests from the client application of developed system.

Considering presented information the conclusion can be made that the program consists of a web-application, mobile application, application server and database. The application server is designed for client actions processing, sending of the necessary data to customers, work with databases and performance of complex calculations. Rest-service module is required to provide interaction between client and server programs. The http-queries and JSON-objects are used for data transmission between client and server.

The main two roles are identified in the system usage. They are a user and an administrator.

The user is a person, who can view, select and buy any services and goods, provided by the recreation complex. The developed system also provides the ability to add goods or

services to the wish list, where they will be temporary stored until user will buy or delete them. User also has the opportunity to send messages to the administrator of a sports complex with the aim to get some additional background information. Any user also can view the archive of orders, where the history of his latest purchases is shown. The user can comment on all of the products sold by the health complex. Other functions, available for a user are an ability to manage his/her personal account, to edit his/her personal information and to apply for the administrator to delete his/her account if it's required.

The administrator has a wide range of possible functions. The administrator performs control over the services available to customers and their purchases, so he/she can add, remove or edit services, cards with services and goods. He also sends messages using previously created list of recipients and message body. Additionally the system administrator also has a function to response to the client message with required consultation. The administrator can also get generated reports about data in a previously selected form.

**The database development.** The tables, designed for the developed system, are: «user», «product», «bought\_product», «bought», «chat», «message», «comments», «wish» and «client\_order». For all the tables in the database the fields, which contain the primary and foreign keys, have data type «int».

The table «user» stores the personal data of system users and the data, necessary for their authentication. Such fields of the table as the «email», «password», «phone», «firstname», «patronymic», «lastname» and «role» contain text information and have the type varchar (50). Field «sex» has the type tinyint(1). The fields «birthday» and «date\_registration» contain information in the form of the date, so have the type of date.

The table «product» is required for storage of data about products of recreational complex. The fields «type\_product» and «name» contain text information and have type varchar (50); fields «description» and «picture» also contain text information, but have an increased length of the variable, and are of types varchar(200) and varchar( 100) respectively. The fields «discount» and «count» are int(10)and contain integer data. The field «cost» contains float information and has a type float. However, better decision for the field, which contains the price, would be to store information as an integer number. Such approach allows avoiding the mistakes in calculations which can appear due to the binary data storage issues.

The table «bought\_product» stores the state of the purchased products. Current table is required for the correct operation of the history of buying and archive of the products. The fields of the table are similar to the fields of the table «product». The table «bought» keeps a buying event. The fields «delivery\_method» and «status» have the type varchar (45), the field of «total cost» has the type float and the field «date\_time» has the type of date time.

The table «chat» stores the details about the conversation between a client (user) and a manager (administrator). The fields «topic» and «status» contain text data and have the type varchar (50). The table «message» contains the history of communications. The fields «message» and «status» have the data type varchar(100) and varchar(50) respectively. The field «date\_time» has the data time type.

The table «wish» stores a list of customer wishes from recreational complex products. The field «datetime» is of type datetime, the «count» field type is int(10). The table «client order» stores a list of customer orders and has the same structure as the previous table.

The table «comments» contains user's comments to the products. The fields «text» and «status» have the data type varchar(50) and varchar(300) respectively. The field «date\_time\_creation» is the field of data time type.

The scheme of the database of the developed system is presented in the Fig. 3.

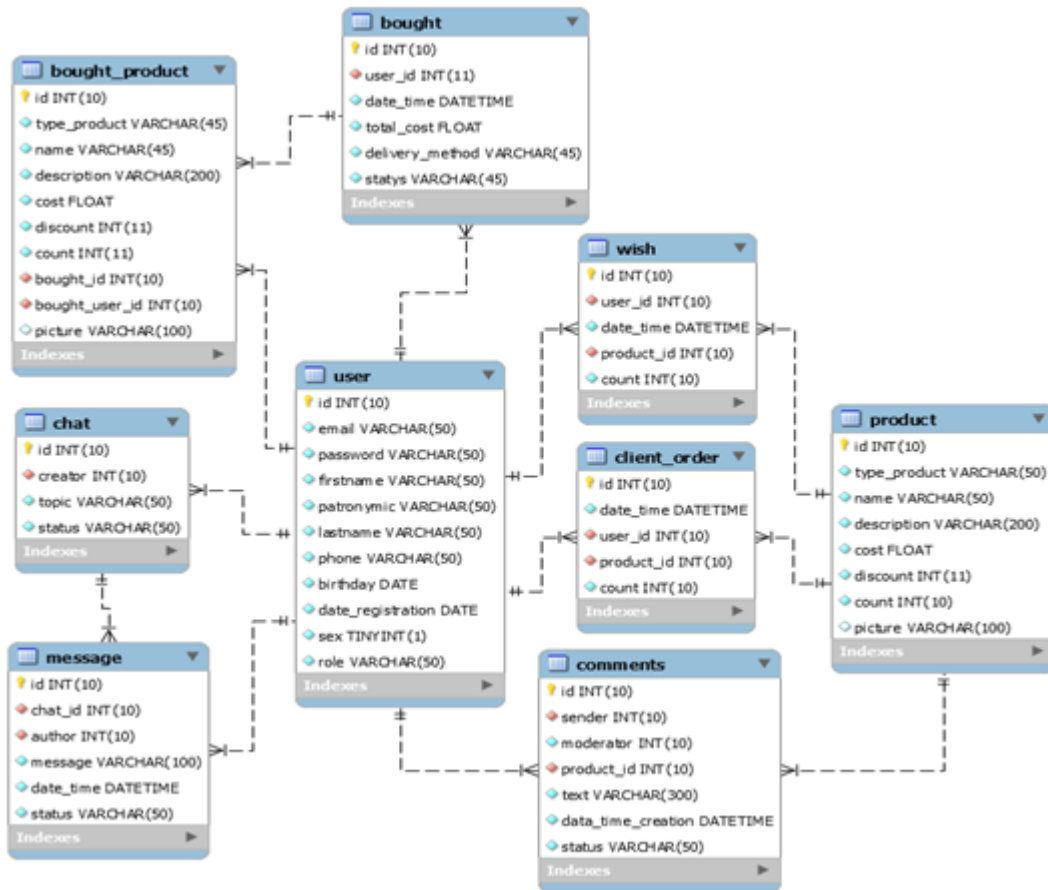


Fig. 3. The scheme of the database of the developed system

**The development of the system interface.** The design of the interface of the developed software is a complex task due to necessity of design of two interfaces – web and mobile – each has its own features. However, the development of mobile user interface contains more issues, related to a limited size of mobile devices and specifics of the mobile keyboard.

The prototype of the mobile user interface is presented in the Fig. 4.



Fig. 4. The prototype of the mobile user interface

To provide high usability of user interface, the interface has been divided into two parts: the top menu and main content. The tab with a list of the screens (menu), which is used for navigation, is placed in the top menu. There is a transition to another screen by clicking on the items from main menu dropdown list.

**Conclusion.** The development of the modern information computer system requires the realization of all modern trends of the nowadays software. One of the main trend in IT industry is the usage of mobile devices, which is the reason to develop not only web-application at the client side, but also a mobile application.

To perform the task of implementation of information computer system for recreation complex the three parts of the system, such as server application, web-application and mobile application for Android OS, have been developed. The interaction between Web-applications and server software is performed via RestAPI technology. Such approach allows creating an improved client application without changing the server program. The interaction between the mobile application and the server software is performed using the same technology.

**Future work.** The proposed system of recreation complex has been developed to cover all the necessary functionality. However it can be improved by introduction of the modern technologies of online operation with magnetic cards. Other required modifications will be discovered during the support process and the operation of the developed system in the real conditions.

### References

1. Uskov, V.L. Mobile software engineering in mobile computing curriculum. *Interdisciplinary Engineering Design Education Conference (IEDEC)*, pp. 93, 99, 4-5 March 2013.
2. Wasserman, Tony (2010). Software engineering issues for mobile application development. FoSER 2010.
3. Tracy, Kim W. Mobile Application Development Experiences on Apple's iOS and Android OS. Potentials, IEEE 31, no. 4 (2012): 30–34.
4. Hanson, C. W. Mobile solutions for your library, *Library Technology Reports*, vol. 47, no. 2, pp. 24–31, Feb/Mar 2011.
5. Zhou, Y., Broussard, R., Lease, M. Mobile options for online public access catalogs, 2011 iConference, pp. 598–605, Feb 2011.
6. Pekka Abrahamsson, "Mobile-D: an agile approach for mobile application development' Approach" Conference on Object Oriented Programming Systems Languages and Applications, pp. 174–175, 2004.
7. Yang-Jae Jeong; Ji-Hyeon Lee; Gyu-Sang Shin, "Development Process of Mobile Application SW Based on Agile Methodology," *Advanced Communication Technology*, 2008. ICACT 2008. 10th International Conference on, pp. 362, 366, 17-20 Feb. 2008.

**Nikitenko Yevheniy** – PhD in Phys.-Math. Sciences, Associate Professor of Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**Нікітенко Євгеній Васильович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Никитенко Евгений Васильевич** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**E-mail:** evnikitenko@gmail.com

**Verovko Mariya** – PhD in Technical Sciences, assistant of Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**Верьовко Марія Вадимівна** – кандидат технічних наук, асистент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Веревко Мария Вадимовна** – кандидат технических наук, ассистент кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**E-mail:** miya.tevkun@gmail.com

## РОЗДІЛ V. ЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.313.322

*Святослав Вишневецький, Сергій Бойко, Олексій Городній*

### ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА НЕОДНОРІДНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ З ДОВГИМИ ЛІНІЯМИ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

*Святослав Вишневецький, Сергей Бойко, Алексей Городний*

### ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НЕОДНОРОДНОСТИ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ С ДЛИННЫМИ ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

*Sviatoslav Vishnevskyi, Sergey Boiko, Oleksiy Gorodny*

### FORMATION THE INTEGRAL INDEX OF HETEROGENEITY OF ELECTRIC SYSTEMS WITH LONG-RANGE POWER TRANSMISSION

Неоднорідність як один з чинників зростання втрат потужності під час її транспортування вимагає постійного вдосконалення як шляхів її компенсації, так і оцінювання. Часті зміни топології схем 330–750 кВ та встановлення пристроїв поздовжньо-поперечної компенсації потребують оцінювання неоднорідності електричних мереж. З іншого боку, неврахування хвильових властивостей транспортування потужності довгими лініями електропередачі вносить похибку у процесі оцінювання неоднорідності. Тому з урахуванням розбудови електричних мереж 330–750 кВ розглянуто питання підвищення адекватності оцінювання неоднорідності електромереж (ЕМ) з довгими електропередачами. Запропоновано розділення оцінювання впливу впровадження проектних рішень та керувальних впливів для зменшення технологічних витрат і підвищення якості функціонування електричних систем (ЕС).

**Ключові слова:** електрична система, довгі лінії електропередачі, неоднорідність, інтегральний показник неоднорідності.

Рис.: 1. Табл.: 1. Бібл.: 15.

Неоднородность как один из факторов возрастания потерь мощности при её передаче требует постоянного усовершенствования как путей её компенсации, так её оценки. Частые изменения топологии схем 330–750 кВ и монтаж устройств продольно-поперечной компенсации требуют оценки неоднородности электрических сетей. С другой стороны, при не учёте волновых свойств передачи мощности длинными линиями электропередачи, вносит погрешность оценке неоднородности. Поэтому с учётом строительства новых электрических сетей 330–750 кВ рассмотрен вопрос повышения адекватности оценки неоднородности электросетей с длинными электропередачами. Предложено разделение оценки влияния внедрения проектных решений и управляющих воздействий для уменьшения технологических потерь и повышения качества функционирования электрических систем.

**Ключевые слова:** электрическая система, длинные линии электропередачи, неоднородность, интегральный показатель неоднородности

Рис.: 1. Табл.: 1. Библ.: 15.

Heterogeneity as one of factors of increase of losses of capacity by its transfer demands constant improvement as ways of its indemnification so its estimations. Frequent changes of topology of schemes 330-750 kV and installation of devices of longitudinal-cross-section indemnification demand an estimation of heterogeneity of electric networks. On the other hand, at not the account wave properties of transfer of capacity long transmission lines, brings an error to a heterogeneity estimation. Therefore, with the account of building of new electric networks 330-750 kV the question of increase of adequacy of an estimation of heterogeneity of electric systems with long electricity transmissions is considered. Division of an estimation of influence of introduction of design decisions and operating influences for reduction of technological losses and improvement of quality of functioning of electric systems is offered.

**Key words:** electric power system, long transmission lines, heterogeneity, a integral index measure of heterogeneity.

Fig.: 1. Tabl.: 1. Bibl.: 15.

**Постановка проблеми.** В умовах вимушеної диверсифікації енергоспоживання і як наслідок зростання електричного навантаження, забезпечення збалансованого виробництва та споживання електроенергії потребує нарощування пропускної спроможності системоутворювальних мереж 330 кВ і вище [1–3]. Крім того, з розвитком сучасних інформаційних технологій багато задач в електричних системах (ЕС) і методи їх розв'язання вимагають перегляду. Зокрема, до таких задач належить задача визначення інтегрального показника неоднорідності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За паралельної роботи лінії електропередач (ЛЕП) 330 кВ і вище з розподільними мережами часто мають місце негативні наслідки взаємовпливу їх режимів [4]. Першопричина тут полягає у появі неоднорідних замкнених контурів в електричних мережах (ЕМ), які за умов значних транзитів енергії

призводять до неоптимальності поточкорозподілу, погіршення якості електроенергії і, відповідно, зниження техніко-економічних показників ЕС [5]. Наявні показники неоднорідності ЕМ дозволяють проводити оцінювання, використовуючи математичні моделі розрахунку нормальних режимів. Вимоги до адекватності таких моделей постійно підвищуються через неврахування багатьох параметрів.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Зниження неоднорідності як конструктивного параметра ЕС та примусове коригування поточкорозподілу в процесі експлуатації з метою наближення його до поточкорозподілу в однорідній системі є взаємопов'язаними напрямками забезпечення умов оптимальності нормальних режимів електричної системи, які необхідно розглядати у комплексі [6; 7]. Впровадження примусового коригування поточкорозподілу в ЕС за рахунок незбалансованих коефіцієнтів трансформації регульовальних пристроїв за допомогою адаптивних систем автоматичного керування (САК) є недостатньо ефективним у разі застосування законів оптимального керування без урахування розосередженості параметрів довгих ліній електропередачі.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є підвищення адекватності оцінювання проектних заходів та оптимального керування потоками потужності в неоднорідних електричних системах з урахуванням передачі електроенергії довгими лініями 330 кВ і вище.

**Виклад основного матеріалу.** На економічність процесу транспортування електричної енергії в ЕС великою мірою впливає неоднорідності системи, оцінювання якої залежить від проектних заходів та оперативного керування. Нині розроблено багато режимних заходів для компенсації негативного впливу неоднорідності ЕС, але їх ефективність обмежена через застосування спрощених математичних моделей об'єкта керування.

У відомих методах аналізу неоднорідності ЕС та формування законів оптимального керування, які ґрунтуються, в основному, на визначенні контурних зрівнювальних е.р.с., враховуються зміни значень коефіцієнтів трансформації трансформаторів з позовжно-поперечним регулюванням під час оперативного та автоматичного керування, наявність електричних станцій, опорних за частотою та міжсистемними перетіканнями (балансувальних вузлів) тощо. Однак для енергосистем з довгими лініями електропередач їх ефективність є недостатньою.

Для забезпечення належної адекватності відтворення поточного та оптимального режимів ЕС з довгими електропередачами необхідно використовувати узагальнені математичні моделі їх усталених режимів, які б враховували розосередженість параметрів таких ЛЕП та їх хвильові властивості.

Для оцінювання неоптимальності режимів та формування керувальних впливів в автоматизованих системах диспетчерського керування найчастіше використовують математичні моделі у вигляді систем нелінійних рівнянь, складених за методами вузлових напруг або контурних струмів [8].

Дальні електропередачі у практичних розрахунках подають як лінії з розподіленими параметрами, режими яких описуються співвідношеннями [5; 9]:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A\dot{U}_2 + \sqrt{3}B\dot{I}_2; \\ \dot{I}_1 = \frac{1}{\sqrt{3}}C\dot{U}_2 + D\dot{I}_2, \end{cases} \quad (1)$$

де  $\dot{U}_1$ ,  $\dot{U}_2$  – лінійні напруги,  $\dot{I}_1$ ,  $\dot{I}_2$  – фазні струми по кінцях ЛЕП;  $A = \text{ch}(\gamma_0 l)$ ,  $B = \dot{Z}_c \text{sh}(\gamma_0 l)$ ,  $C = \dot{Z}_c^{-1} \text{sh}(\gamma_0 l)$ ,  $D = \text{ch}(\gamma_0 l)$  – постійні пасивного чотириполюсни-

ка;  $\dot{Z}_c = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}}$  – хвильовий опір, а  $\gamma_0 = \sqrt{(r_0 + jx_0)(g_0 + jb_0)}$  – коефіцієнт розпо-

всюдження хвилі ЛЕП;  $r_0, x_0$  – питомі поздовжні опори, а  $g_0, b_0$  – питомі поперечні провідності ЛЕП;  $l$  – довжина ЛЕП.

Для лінії довжиною, меншою за 200 км, враховуючи, що  $A \approx 1$ ,  $D \approx 1$ ,  $B \approx \dot{Z}_B$ ,  $C \approx \dot{Y}_B$  рівняння (1) набуває вигляду [10]:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 \approx \dot{U}_2 + \sqrt{3} \dot{Z}_B \dot{I}_2; \\ \dot{I}_1 \approx \frac{1}{\sqrt{3}} \dot{Y}_B \dot{U}_2 + \dot{I}_2, \end{cases} \quad (2)$$

де  $\dot{Z}_B$ ,  $\dot{Y}_B$  – поздовжній опір та поперечна провідність заступної схеми ЛЕП з зосередженими параметрами.

Зіставляючи (1) та (2) видно подібність співвідношень параметрів для моделей довгих ЛЕП та заступних схем із зосередженими параметрами [8; 11; 12]. Це було використано для формування узагальнених моделей нормальних режимів ЕС у матричній формі за методом вузлових напруг [13]:

$$\left[ \dot{\mathbf{M}}_{Ak} \mathbf{Z}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}_{Ak}^T - \mathbf{C}_k \right] \dot{\mathbf{U}} = \dot{\mathbf{J}}, \quad (3)$$

та контурних струмів:

$$\sqrt{3} \dot{\mathbf{N}}_{Ak} \mathbf{Z}_B \dot{\mathbf{I}}_B = -\dot{\mathbf{E}}_k = -\dot{\mathbf{U}}_B \dot{\mathbf{E}}_{k*}, \quad (4)$$

де  $\dot{\mathbf{M}}_{Ak} = \mathbf{M}^+ + \mathbf{M}^- \mathbf{A}_d \hat{\mathbf{K}}$  – матриця зв'язків віток електромережі у її вузлах з урахуванням ідеальних трансформаторів та довгих електропередач;  $\dot{\mathbf{M}}_{Ak}^T = \mathbf{M}^{T+} + \mathbf{K} \mathbf{A}_d \mathbf{M}^{T-}$  – транспонована матриця зв'язків віток ЕМ у її вузлах (символ « $T$ » тут і далі позначає операцію транспонування матриць);  $\mathbf{M}^+$ ,  $\mathbf{M}^-$  – матриці, які формуються заміною, відповідно, від'ємних або додатних елементів транспонованої матриці з'єднань  $\mathbf{M}$  нулями;  $\mathbf{K}$ ,  $\hat{\mathbf{K}}$ ,  $\mathbf{A}_d$  – діагональні матриці, відповідно, прямих і комплексно-спряжених коефіцієнтів трансформації трансформаторних віток та постійних чотириполюсника  $A$  для інших віток заступної схеми ЕМ;  $\dot{\mathbf{Z}}_B$  – діагональна матриця опорів віток заступної схеми, у якій вітки довгих передач подані постійними чотириполюсника  $B$ ;  $\mathbf{C}_k = \mathbf{M}^+ \mathbf{C}_d \mathbf{M}^{T-}$  – матриця постійних чотириполюсника  $C$  у вітках заступної схеми;  $\dot{\mathbf{U}}$ ,  $\dot{\mathbf{J}}$  – відповідно, вектори напруг у вузлах та задаючих струмів заступної схеми ЕС;  $\mathbf{A}_d$ ,  $\mathbf{C}_d$  – діагональні матриці постійних чотириполюсника  $A$  та  $C$  для віток заступної схеми ЕМ;  $\dot{\mathbf{N}}_{Ak}$  – матриця зв'язків віток заступної схеми ЕС у контурах, в елементах якої враховано комплексні коефіцієнти трансформації трансформаторів та коефіцієнти чотириполюсника  $A$  довгих ЛЕП;  $\dot{\mathbf{I}}_B$  – вектор струмів по кінцях віток заступної схеми ЕС;  $\dot{\mathbf{E}}_k, \dot{\mathbf{E}}_{k*}$  – вектори контурних е.р.с., поданих у іменованих та відносних одиницях, відповідно. Вирази (3), (4) несуттєво відрізняються за формою від відомих, є більш адекватними, оскільки враховують якісно нові параметри та характеристики досліджуваного об'єкта.

Неоптимальність струморозподілу в неоднорідному контурі оцінюється додатковими фіктивними зрівнювальними струмами  $\dot{\mathbf{I}}_{зр} = \dot{\mathbf{I}} - \dot{\mathbf{I}}_{ек}$ , де  $\dot{\mathbf{I}}$  та  $\dot{\mathbf{I}}_{ек}$  – вектори струмів у вітках для природного та економічного струморозподілу.

Вирази для визначення векторів  $\dot{\mathbf{I}}$  та  $\dot{\mathbf{I}}_{\text{ек}}$  як функцій задаючих струмів  $\dot{\mathbf{J}}$  у вузлах заступної схеми ЕС [4], виходячи з (3), можна подати як:

$$\dot{\mathbf{I}} = \dot{\mathbf{Z}}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}_{Ak}^T (\dot{\mathbf{M}}_{Ak} \dot{\mathbf{Z}}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}_{Ak}^T)^{-1} (\dot{\mathbf{J}} - \dot{\mathbf{Y}}_6 \dot{U}_6) + \dot{\mathbf{Z}}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}_6^T \dot{U}_6 ; \quad (5)$$

$$\dot{\mathbf{I}}_{\text{ек}} = \mathbf{R}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}_{Ak}^T (\dot{\mathbf{M}}'_{Ak} \mathbf{R}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}'^T_{Ak})^{-1} (\dot{\mathbf{J}} - \mathbf{Y}'_{R6} \dot{U}_6) + \mathbf{R}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}_6^T \dot{U}_6 , \quad (6)$$

де  $\dot{\mathbf{Y}}_6$  – стовпці матриці вузлових провідностей  $\dot{\mathbf{Y}} = \dot{\mathbf{M}}_{Ak} \dot{\mathbf{Z}}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}_{Ak}^T$ , що відповідають базисному вузлу ЕМ, визначені за повною заступною схемою ЕС;  $\dot{U}_6$  – напруга базисного вузла ЕМ;  $\dot{\mathbf{M}}_6^T$  – стовпець матриці з'єднань  $\dot{\mathbf{M}}_{Ak}^T$ , що відповідає базисному вузлу ЕМ;  $\mathbf{R}_B$  – діагональна матриця опорів віток, що містить лише активні складові елементів матриці  $\dot{\mathbf{Z}}_B$ ;  $\dot{\mathbf{M}}'^T_{Ak}$ ,  $\dot{\mathbf{M}}'_{Ak}$ ,  $\dot{\mathbf{M}}_6^T$ ,  $\mathbf{Y}'_{R6}$  – матриці зв'язків та пасивних параметрів заступної схеми ЕС, визначені з урахуванням умов розрахунку економічного режиму.

Для визначення економічного струморозподілу в ЕС з довгими електропередачами необхідно враховувати додаткові умови: у розрахунковій заступній  $r$ -схемі мають бути відсутні контурні е.р.с. небалансу ( $\dot{E}_{\text{нб}} = 0$ ), тобто коефіцієнти трансформації у контурах мають бути збалансовані, а постійні чотиріполюсника для довгих ЛЕП  $\dot{A}_i = 1$ .

Фіктивні зрівнювальні е.р.с. у неоднорідних електромережах, що містять трансформаторні зв'язки та довгі електропередачі згідно (4) визначаються [11; 13]:

$$\dot{\mathbf{E}}_{\text{зр}} = \dot{\mathbf{N}}_{Ak} \dot{\mathbf{Z}}_B (\dot{\mathbf{I}} - \dot{\mathbf{I}}_{\text{ек}}) . \quad (7)$$

Підставивши у (7) вирази для  $\dot{\mathbf{I}}$  та  $\dot{\mathbf{I}}_{\text{ек}}$ , після перетворень та спрощень було отримано математичну модель зрівнювальних е.р.с., що може бути використана для оцінювання загальносистемної неоднорідності та формування керувальних впливів для оптимізації потоків потужності в ЕС:

$$\dot{\mathbf{E}}_{\text{зр}} = -j (\dot{\mu}_{1*} + \dot{\mu}_{2*}) \dot{U}_6 ; \dot{\mu}_{1*} = \dot{\mathbf{N}}_{Ak} \mathbf{X}_B \mathbf{R}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}_6^T ; \quad (8)$$

$$\dot{\mu}_{2*} = \dot{\mathbf{N}}_{Ak} \mathbf{X}_B \mathbf{R}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}'^T_{Ak} (\dot{\mathbf{M}}'_{Ak} \mathbf{R}_B^{-1} \dot{\mathbf{M}}'^T_{Ak})^{-1} \mathbf{Y}_{\text{н}}$$

де  $\mathbf{X}_B$  – діагональна матриця опорів віток, що містить лише реактивні складові опорів віток  $\dot{\mathbf{Z}}_B$ ;  $\mathbf{Y}_{\text{н}}$  – вектор провідностей навантажень з урахуванням взаємних провідностей базисного вузла.

З (8) видно, що вектори  $\dot{\mu}_{1*}$  та  $\dot{\mu}_{2*}$  визначаються співвідношенням реактивних та активних опорів віток заступної схеми ЕМ, коефіцієнтами трансформації трансформаторів та постійними чотиріполюсника довгих ЛЕП  $A$ , тобто є узагальненими показниками неоднорідності ЕС.

Для оцінювання доцільності оптимізаційних заходів в ЕС у проектних та експлуатаційних задачах на базі (8) було розроблено загальносистемний показник неоднорідності. Подавши  $\dot{\mu}_{1*}$  та  $\dot{\mu}_{2*}$ , як складові функціональної метричної множини  $\{\mu\}$  та виконавши її метризацію за допомогою евклідової норми [9; 14; 15]:

$$\mu = \sqrt{\sum_{i=1}^k (\mu_{1*_i} + \mu_{2*_i}) \cdot (\hat{\mu}_{1*_i} + \hat{\mu}_{2*_i})} \quad (9)$$



було отримано загальносистемний показник неоднорідності ЕС, який дає змогу однозначно оцінити вплив зміни топології та параметрів електромераж на оптимальність режимів ЕС. Для оцінювання потенційних можливостей оптимізаційних заходів з компенсації неоднорідності ЕС доцільно користуватися показником  $\mu$  у відносних одиницях:

$$\mu_* = \mu / \mu_{\max}, \mu_{\max} = \sqrt{\sum_{i=1}^k (\mu_{1*_i} \cdot \hat{\mu}_{1*_i}) + \sum_{i=1}^k (\mu_{2*_i} \cdot \hat{\mu}_{2*_i})}, \quad (10)$$

який змінюється в діапазоні  $0 \leq \mu_* \leq 1$ .

Виходячи з (8) та (9) відсутність зрівнювальних е.р.с. у контурах характерна лише для ЕС, у яких всі вітки відповідають класичній умові однорідності:  $x_i / r_i = idem$  (необхідна умова  $\dot{\mu}_{2*} = 0$ ), а коефіцієнти трансформації в контурах збалансовані й параметри довгих ЛЕП узгоджені:  $\gamma_i = \sqrt{(r_i + jx_i)(g_i + jb_i)} = idem$  (достатня  $\dot{\mu}_{1*} = 0$ ). Таким чином показано, що однорідність електромераж з довгими ЛЕП забезпечити проектними заходами практично неможливо, враховуючи істотну залежність їх поперечних провідностей  $g_i, b_i$  від випадкового впливу навколишнього середовища (рис., табл.).

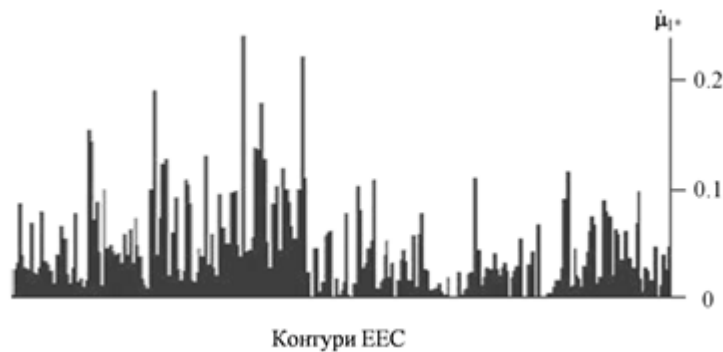


Рис. Графічне представлення вектора узагальнених показників неоднорідності  $\dot{\mu}_{1*}$  для електроенергетичної системи НЕК «Укренерго»

Для підтвердження розрахунків виконано аналіз неоднорідності ЕЕС при проведенні проектних оптимізаційних заходів. Виконавши аналіз неоднорідності ЕЕС Укренерго, отримані значення вектора  $\dot{\mu}_{1*}$  для всіх контурів. Промодельовавши встановлення ППК в найдовшій ЛЕП контуру з максимальним значенням  $\dot{\mu}_{1*}$  та отримано наступні результати.

Таблиця

Результати аналізу неоднорідності ЕЕС НЕК «Укренерго»

Стан схем ЕЕС	Загальносистемний показник неоднорідності $\mu$	Максимальне значення $\mu_{\max}$	Відносний показник $\mu_*$ , %
Вихідна схема ЕЕС	6,35	15,30	41,5
Після встановлення УПК у ЛЕП 518-404	6,24	15,28	40,8

Порівняно з вихідною схемою, зміна відносного загальносистемного показника неоднорідності  $\mu_*$  склала 0,8% при встановленні ППК лише на одній лінії.

**Висновки і пропозиції.** Поздовжньо-поперечна неоднорідність електромераж, що містять довгі ЛЕП, є однією з основних причин додаткових втрат електроенергії при її транспортуванні й розподілі. Заходи щодо реконструкції ЕС за інших рівних умов по-

винні супроводжуватися зменшенням системної неоднорідності. З аналізу результатів видно, що перевага розробленого інтегрального показника неоднорідності забезпечується врахуванням контурних е.р.с., які викликані незбалансованими коефіцієнтами трансформації та неузгодженими коефіцієнтами розповсюдження хвилі довгих ЛЕП.

Запропонований показник неоднорідності, яким можна оцінити вплив зміни топології електричної системи, введення нових ліній електропередач, установок поздовжньої компенсації та трансформаторів на оптимальність режимів ЕС, дозволяє формувати рішення з проведення цілеспрямованої реконструкції ЕС для зменшення ступеня її неоднорідності, тобто послідовного усунення першопричини неоптимальності поточкорозподілу в електричній системі.

#### Список використаних джерел

1. *Прогнозирование* электрической нагрузки ОЭС Украины / Б. И. Макоклоев, А. В. Антонов, К. В. Ущеповский, Р. В. Грабчак // *Электрические сети и системы*. – 2010. – № 4. – С. 4–12.
2. *Інтелектуальні* електричні мережі: світовий досвід і перспективи України / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник, С. П. Денисюк // *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. Спеціальний випуск*. – 2011. – Ч. 1. – С. 5–20.
3. *Воротницкий В. Э.* Особенности формирования балансов электрической энергии и мощности в современных условиях / В. Э. Воротницкий, Б. И. Макоклоев, Ю. М. Кудряшов // *Электрические станции*. – 2010. – № 3. – С. 2–8.
4. *Лежнюк П. Д.* Оцінка взаємовпливу електричних мереж енергосистем з трансформаторними зв'язками / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. Б. Бурикін // *Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: проблеми сучасної електротехніки*. – 2006. – Ч. 7. – С. 27–30.
5. *Холмский В. Г.* Расчет и оптимизация режимов электрических сетей / В. Г. Холмский. – М. : Высшая школа, 1975. – 280 с.
6. *Методика* по оценке эффективности применения трансформаторов с РПН и автоматического регулирования напряжения в замкнутых электрических сетях. РД 34.46.504-90 / В. С. Воротницкий, П. Д. Лежнюк, И. А. Серова, В. В. Стан. – М. : СПО Союзтехэнерго, 1990. – 36 с.
7. *Железко Ю. С.* Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 176 с.
8. *Методы* оптимизации режимов энергосистем / В. М. Горнштейн, Б. П. Мирошниченко, А. В. Пономарев и др. – М. : Энергоиздат, 1981. – 336 с.
9. *Лежнюк П. Д.* Оптиміальне керування потоками потужності і напругою у неоднорідних електричних мережах : монографія / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 188 с.
10. *Электрические* системы. Том 3. Передача энергии переменным и постоянным током высокого напряжения / [под ред. Веникова В. А.]. – М. : Высш. школа, 1972. – 367 с.
11. *Кулик В. В.* Умови оптимальності нормальних режимів електричних системи з довгими лініями електропередачі / В. В. Кулик, С. Я. Вишневський // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2013. – № 4. – С. 62–67.
12. *Жуков Л. А.* Установившиеся режимы сложных электрических сетей и систем: Методы расчета / Л. А. Жуков, И. П. Стратан. – М. : Энергия, 1979. – 416 с.
13. *Кулик В. В.* Комбіновані моделі нормальних режимів електричних систем з урахуванням особливостей довгих ліній електропередачі [Електронний ресурс] / В. В. Кулик, С. Я. Вишневський // *Наукові праці ВНТУ*. – 2012. – № 1. – Режим доступу : [http://www.nbu.gov.ua/ejournals/VNTU/2012\\_1/2012-1.files/uk/12vvklt1\\_ua.pdf](http://www.nbu.gov.ua/ejournals/VNTU/2012_1/2012-1.files/uk/12vvklt1_ua.pdf).
14. *Кулик В. В.* Моделювання неоднорідності електричних систем з дальніми електропередачами в задачах оптимального керування їх режимами / В. В. Кулик, С. Я. Вишневський, В. Ф. Кириченко // *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика»*. – 2013. – № 2 (15). – С. 133–136.
15. *Лежнюк П. Д.* Моделирование компенсации влияния неоднородности электрических сетей на экономичность их режимов / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, Д. І. Оболонський // *Электричество*. – 2007. – № 11. – С. 2–8.

**Вишневецький Святослав Янович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет (Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, Україна).

**Вишневецкий Святослав Янович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрических станций и систем, Винницкий национальный технический университет (Хмельницкое шоссе, 95, г. Винница, 21021, Украина).

**Vishnevskiy Sviatoslav** – PhD in Technical Sciences, Senior lecturer of Power Station and System Department, Vinnytsia State National University (95 Khmelnytske shose, 21021 Vinnytsia, Ukraine).

**E-mail:** Slava\_vish@mail.ru

**Бойко Сергій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри систем електропостачання та енергетичного менеджменту, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (вул. Першотравнева, 20, Кременчук, 39600, Україна).

**Бойко Сергей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры систем электропотребления и энергетического менеджмента, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского (ул. Первомайская, 20, Кременчуг, 39600, Украина).

**Boiko Sergiy** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Systems Electropower and Energy Management Department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University (20 Pershotravneva Str., Kremenchuk, 39600, Ukraine).

**E-mail:** bsn1987@i.ua

**Городній Олексій Миколайович** – кандидат технічних наук, асистент кафедри промислової електроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14027, Україна).

**Городний Алексей Николаевич** – кандидат технических наук, асистент кафедры промышленной электроники, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, Чернигов, 14027, Украина).

**Gorodny Oleksiy** – PhD in Technical Sciences, assistant of the Industrial Electronics Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** aleksey.gorodny@gmail.com

УДК 621.3.08

*Володимир Войтенко, Сергій Яценко*

## **СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ БАЛАСТІВ СВІТЛОВИПРОМІНЮВАЛЬНИХ ДІОДІВ**

*Владимир Войтенко, Сергей Яценко*

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ БАЛЛАСТОВ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ**

*Volodymyr Voytenko, Serhii Yatsenko*

## **CONTROL SYSTEM FOR THE RESEARCH OF INTELLIGENT BALLAST OF LIGHT-EMITTING DIODES**

Сучасні системи штучного освітлення будуються переважно на основі світловипромінювальних діодів (СВД), струм протікання через які (а отже, і рівень освітлення об'єкта) стабілізується або регулюється відповідно до навколишніх умов за допомогою електронного баласту, що являє собою імпульсний перетворювач напруги, охоплені зворотним зв'язком за вихідним струмом. Зміна зовнішньої освітленості вимагає швидкої і точної реакції системи освітлення і формування такого струму СВД, який найкращим чином забезпечить відпрацювання помилки за освітленістю. Стаття присвячена розробленню структури, функціональної схеми та програмного забезпечення прототипу комплексу, який має використовуватися для досліджень алгоритмів керування інтелектуальними драйверами СВД та аналізу динамічних процесів у замкнутій системі автоматичного керування, що містить внутрішній контур струму і зовнішній контур, який відповідає за рівень освітленості об'єкта.

**Ключові слова:** світловипромінювальний діод (СВД), електронний баласт, імпульсний перетворювач, широтно-імпульсна модуляція (ШІМ), система автоматичного керування.

*Рис.: 10. Бібл.: 12.*

Современные системы искусственного освещения строятся преимущественно на основе светоизлучающих диодов (СИД), ток протекания через которые (а следовательно, и уровень освещения объекта) стабилизируется либо регулируется в соответствии с окружающими условиями с помощью электронного балласта, представляющего собой импульсный преобразователь напряжения, охваченный обратной связью по выходному току. Изменение внешней освещенности требует быстрой и точной реакции системы освещения и формирования такого тока СИД, который наилучшим образом обеспечит отработку ошибки по освещенности. Статья посвящена разработке структуры, функциональной схемы и программного обеспечения прототипа комплекса, который будет использоваться при исследовании алгоритмов управления интеллектуальными драйверами СИД и анализе динамических про-

цессов в замкнутой системе автоматического управления, содержащей внутренний контур тока и внешний контур, отвечающий за уровень освещенности объекта.

**Ключевые слова:** светоизлучающий диод (СИД), электронный балласт, импульсный преобразователь, широтно-импульсная модуляция (ШИМ), система автоматического регулирования.

Рис.: 10. Библ.: 12.

*Modern artificial lighting systems are based mainly on the basis of light-emitting diodes (LEDs), flowing current through which (and therefore - and the level of illumination of the object) is stabilized or regulated in accordance with the environment via an electronic ballast, which is a pulse voltage converter covered feedback output current. Changes in the ambient light requires quick and accurate illumination system and the formation reaction of the LED current, which will provide the best illumination for practicing errors. This article is devoted to development of the structure, functional circuitry and software prototype of the complex to be used for research of intelligent LED driver control algorithms and analysis of dynamic processes in the closed automatic control system containing the inner current and external illumination loop.*

**Key words:** light emitting diode (LED), electronic ballast, pulse converter, pulse-width modulation (PWM), automatic control system.

Fig.: 10. Bibl.: 12.

**Постановка проблеми.** Суспільство для задоволення своїх виробничих, побутових й естетичних вимог потребує високоякісного освітлення, яке залежно від конкретної сфери застосування реалізується за допомогою штучних систем освітлення [1]. Найважливіші параметри якості освітлення – це рівень освітленості та кольоровий склад світла [2–4]. Для людини більш важливим є не абсолютне значення освітленості, а контраст. В умовах зміни зовнішньої освітленості (як циклічної протягом доби, так і випадкової) з метою забезпечення потрібного контрасту треба відповідним чином змінювати й світловий потік штучного джерела світла. Тобто система штучного освітлення повинна мати прийнятні динамічні характеристики, забезпечення яких можливе, наприклад, за допомогою створення замкнених систем автоматичного керування з цифровими регуляторами [5]. Сучасні системи штучного освітлення будуються переважно на основі світловипромінювальних діодів (СВД), сила світла яких майже пропорційна до прямого струму, що протікає через СВД. Енергоефективне регулювання цього струму можливе за допомогою імпульсного перетворювача напруги, охопленого від’ємним зворотним зв’язком за вихідним струмом. Проте різка вольт-амперна характеристика СВД ускладнює процес стабілізації та регулювання струму. В підсумку це призводить до створення додаткових проблем під час розроблення та забезпечення динамічних характеристик системи штучного освітлення, зокрема, необхідності лінеаризації регулювальної характеристики, невизначеності параметрів та ускладнення алгоритму автоматичного регулювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Перевагам застосування СВД у системах штучного освітлення присвячені численні дослідження [6–10]. Особливі вимоги до динаміки регулювання світлового потоку можуть висуватися у випадку підсвічування автомагістралей, міських доріг [6], а також небезпечних виробництв [7]. Деякі особливості побудови імпульсних перетворювачів для живлення СВД розглянуті в [8; 9]. Проте меншу увагу приділено дослідженням та застосуванню більш ефективних алгоритмів керування силовими ключами імпульсних перетворювачів у системах штучного освітлення.

Для проведення досліджень алгоритмів керування інтелектуальними баластами у складі систем освітлення на базі СВД запропоновано структуру [10], що складається з випрямляча та коректора потужності; модулятора-демодулятора; генератора струму; системи керування та регулятора струму. Система керування, по суті, є двоконтурною із зовнішнім контуром регулювання освітленості та внутрішнім (підлеглим) контуром регулювання струму.

**Мета статті.** Метою роботи є визначення функціональної схеми та з’ясування параметрів і характеристик окремих вузлів системи керування запропонованого комплексу для досліджень інтелектуальних баластів систем освітлення на основі СВД.

**Функціональна схема системи регулювання освітленості.** Функціональна схема системи регулювання освітленості у складі комплексу для досліджень інтелектуальних баластів наведена на рис. 1.

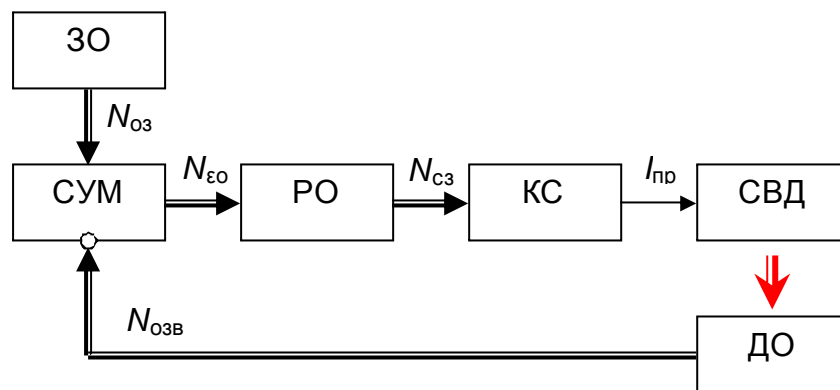


Рис. 1. Функціональна схема системи регулювання освітленості

Система складається з таких вузлів:

ЗО – задавальник освітленості; СУМ – суматор; РО – регулятор освітленості; КС – контур регулювання струму СВД; ДО – датчик освітленості.

Цифровий ЗО у складі кінцевої системи штучного освітлення приймає команди від системи керування більш високого ієрархічного рівня через інтерфейс, фізичний рівень якого підтримується модулятором-демодулятором. У межах цього дослідження як ЗО використовується автономний пристрій ручного введення цифрового коду завдання освітленості  $N_{ОЗ}$  до мікроконтролера, який є основним елементом системи керування. У розроблюваному комплексі застосовується цифровий ДО, який передає до інвертуючого входу СУМ код освітленості зворотного зв'язку  $N_{ОЗВ}$ . Різниця цих кодів  $N_{\epsilon О}$  – помилка за освітленістю – є сигналом, відповідно до якого РО виробляє код завдання струму  $N_{сз}$ . КС забезпечує формування прямого струму через СВД  $I_{пр}$ .

Однозначна монотонна залежність сили світла СВД від прямого струму дозволяє використовувати саме  $I_{пр}$  як основний параметр, що забезпечує регулювання освітленості об'єкта. Задача РО – вироблення такого коду завдання струму  $N_{сз}$ , який забезпечить найкращий перехідний процес зміни освітленості відповідно до вимог системи керування більш високого ступеня ієрархії.

Функціональна схема контуру струму в складі комплексу для досліджень інтелектуальних баластів наведена на рис. 2.

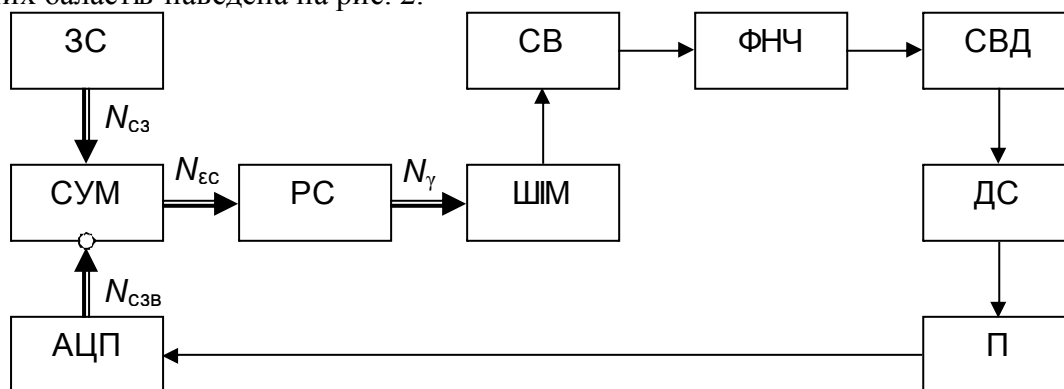


Рис. 2. Функціональна схема контуру струму

Пристрій складається з таких вузлів:

ЗС – задавальник струму; СУМ – суматор; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; РС – регулятор струму; ШИМ – широтно-імпульсний модулятор; СВ – силовий клапан; ФНЧ – фільтр нижніх частот; ДС – датчик струму; П – підсилювач.

Під час проектування системи освітлення застосовується автономний ЗС, а після уточнення параметрів елементів контуру струму код завдання струму  $N_{сз}$  знімається з виходу регулятора освітленості.

Застосований у комплексі СВД [11] має нелінійну вольт-амперну характеристику, показану на рис. 3 (штрихова лінія – дані технічних умов за температури навколишнього середовища  $T_n = 25^\circ\text{C}$ ). Експериментальні вимірювання (суцільна лінія на рис. 3) продемонстрували суттєві відмінності від даних виробника.

**Моделювання драйвера світловипромінювального діода.** *Simulink*-модель драйвера СВД наведено на рис. 4. Головною особливістю є використання програмного забезпечення *Simscape*<sup>TM</sup>, яке містить інструменти моделювання багатодомених фізичних систем, дозволяючи досліджувати пристрої як з електричними, так і з електрооптичними та іншими компонентами. Зокрема, *VT1* – це модель *p*-канального МДН-транзистора з пакета *SimElectronics*<sup>®</sup>, яка безпосередньо ґрунтується на використанні рівняння Шихмана-Ходжеса. Параметри цієї моделі можна задавати, використовуючи дані технічних умов застосованого приладу [12].

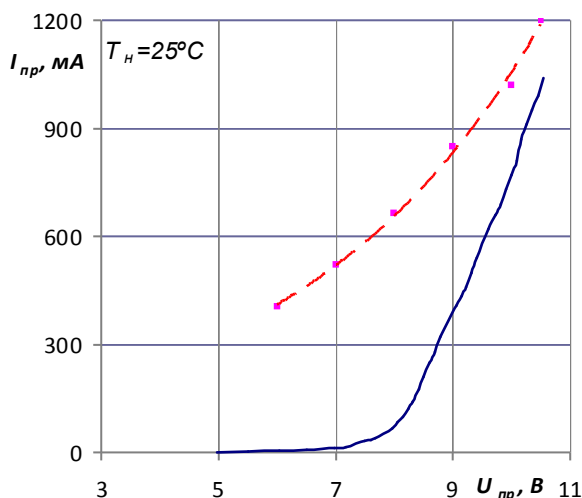


Рис. 3. Вольт-амперна характеристика СВД

Резистор *R1* моделює реальний датчик струму, причому підсилювач *Gain* за рахунок відповідного масштабування дозволяє спостерігати струм саме в амперах. Важливим елементом моделі драйвера є широтно-імпульсний модулятор *PWM*, який базується на моделі блока *Controlled PWM Voltage* із складу *SimElectronics*<sup>®</sup>.

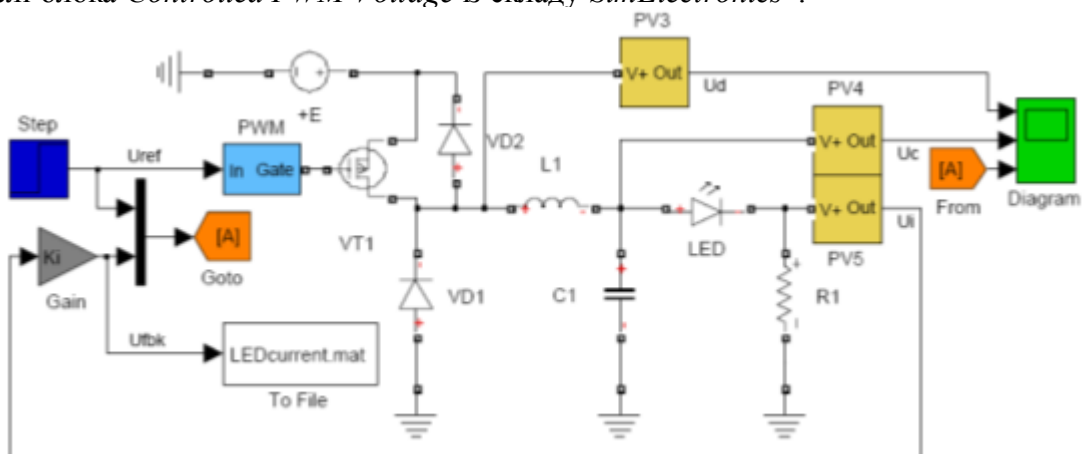


Рис. 4. *Simulink*-модель драйвера СВД

Дослідження показали, що використання кусково-лінійної, а також експоненційної моделі діода з пакета *SimElectronics* не дозволяє апроксимувати потрібну вольт-амперну характеристику з достатньою точністю. Те ж саме стосується й елемента *Light-Emitting Diode*, в основі якого лежить та ж сама модель напівпровідникового діода,

проте ще з меншими можливостями налаштування. Проблема загострюється внаслідок того, що потужні СВД, як правило, являють собою матрицю елементів, характеристики кожного з яких не є ідентичними. Зважаючи на застосування імпульсної модуляції для регулювання струму СВД і разом з ним – світлового потоку, для відпрацювання параметрів системи керування потрібно відтворювати характеристики СВД більш адекватно. Тому було створено нову модель СВД (рис. 5), в основі якої – таблиця значень (блок *Lookup Table (n-D)1*) експериментально знятої вольт-амперної характеристики (рис. 3). Ця розширена *Simulink*-модель СВД дозволяє досліджувати вольт-амперні характеристики СВД за допомогою блоків візуалізації напруги та струму (*Voltage* та *Current*), а також легко масштабувати табличні дані за допомогою блока *Gain*. Також перевірена найпростіша модель СВД виключно в межах підсередовища *Simscape™*, яка містить вимірювач напруги та джерело струму, що керується виходом таблиці, проте дещо іншої, а саме – на основі блока *PS Lookup Table (1D)*, який має менші можливості з погляду налагодження порівняно з подібним *Simulink*-блоком.

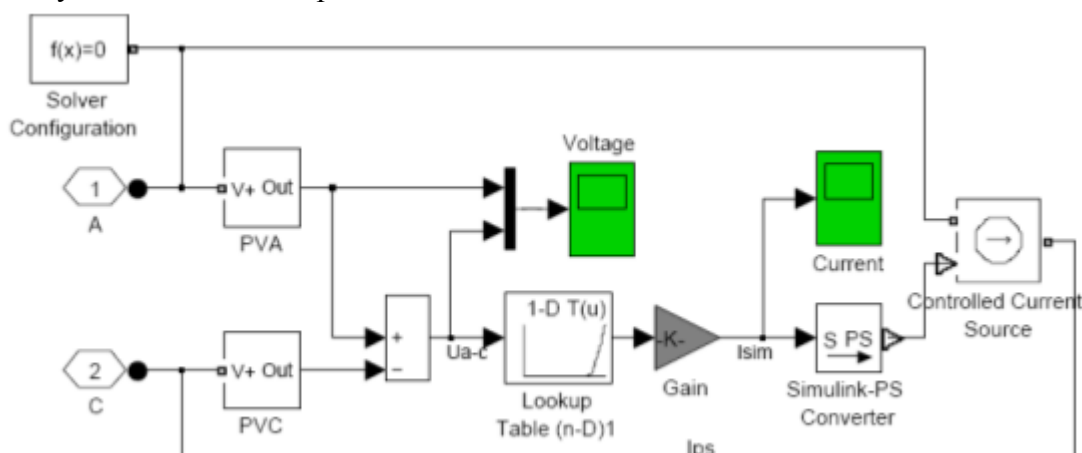


Рис. 5. Simulink-модель СВД

Часова діаграма струму через СВД  $I_{LED}$  при ступінчастому завданні  $U_{ref}$  на вході широтно-імпульсного модулятора наведена на рис. 6. Частота ШІМ  $F_{PWM} = 62,5 \text{ кГц}$ , коефіцієнт заповнення імпульсів з моменту часу  $0,1 \text{ мс}$  становить  $\gamma = 0,98$ .

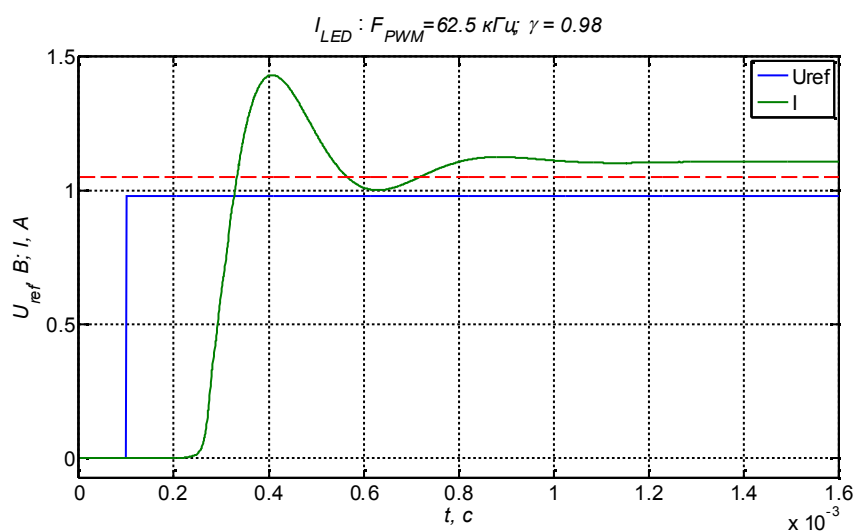


Рис. 6. Часова діаграма струму через СВД

Затримка появи струму зумовлена нелінійністю СВД: доти, поки напруга на конденсаторі фільтра  $C1$  не досягне порогового значення, струм СВД відсутній. Широтно-

імпульсний модулятор формує імпульсну напругу на затворі транзистора, і на вході фільтра  $L1C1$  створюється сигнал, зображений на рис. 7.

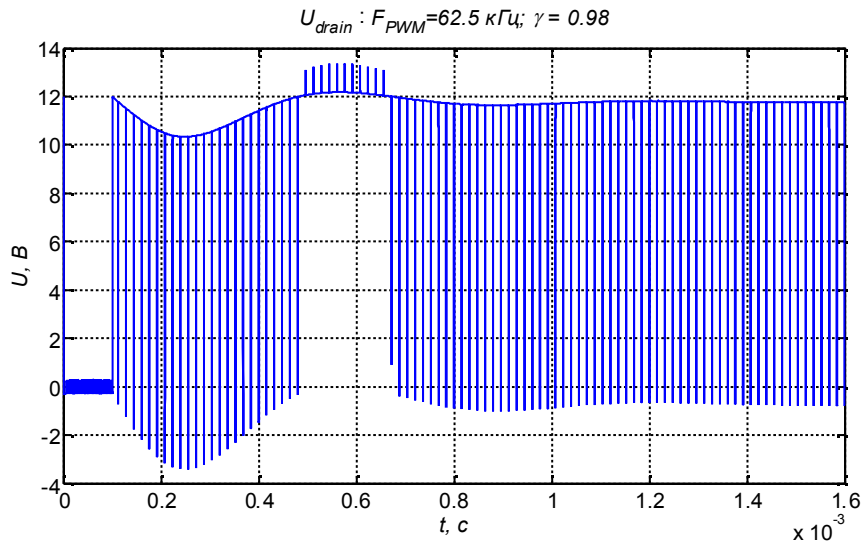


Рис. 7. Часова діаграма напруги на витoku транзистора

Перехідний процес струму в розімкненій системі дуже незадовільний: спостерігається суттєве перерегулювання, коливання затухають повільно. До того ж порівняння рис. 6 з даними [11] свідчить про суттєве перебільшення пікового значення струму, коли коефіцієнт заповнення ШІМ-сигналу перевищує  $\gamma = 0,565$ . Максимальний прямий струм для цієї конкретної моделі СВД становить  $I_{Fmax} = 1050$  мА (штрихова лінія на рис. 6). Отже, для покращення перехідного процесу керування драйвером потрібно використовувати відповідно налаштований регулятор струму.

**Результати експериментальних досліджень розімкненої системи.** Для перевірки адекватності моделювання процесів у СВД і подальшої розробки системи керування освітленням був виготовлений експериментальний прототип, який відповідає функціональним схемам на рис. 1 та рис. 2, проте зворотний зв'язок розімкнено. До схеми, що ґрунтується на мікроконтролері *ATmega 16*, додані кнопки, цифровий дисплей, а також реалізовано зв'язок з персональним комп'ютером через *COM*-порт. Найявні засоби візуалізації застосовувалися для вимірювання, зокрема, регульовальної характеристики драйвера, тобто залежності струму через СВД від коефіцієнта заповнення (рис. 8). В експериментах використовувався периферійний модуль ШІМ мікроконтролера, який працював у 8-розрядному режимі на частоті  $F_{PWM} = 62,5$  кГц. Тому коефіцієнт заповнення змінювався за допомогою однобайтного цілого числа, записуваного до регістра порівняння на виході (*OCR*) в діапазоні:

$$0 \leq \gamma \leq 1$$

з кроком регулювання  $\Delta\gamma = 1/256 \approx 0,4$  %.

Як можна бачити з рис. 8, регульовальна характеристика драйвера СВД має суттєво виражену нелінійність, що можна пояснити нелінійністю вольт-амперної характеристики СВД та тим фактом, що застосовуваний перетворювач все ж таки регулює на своєму виході саме напругу, а не струм. Це створює певні проблеми в процесі роботи замкнених контурів регулювання та вимагає реалізації відповідних алгоритмів лінеаризації.



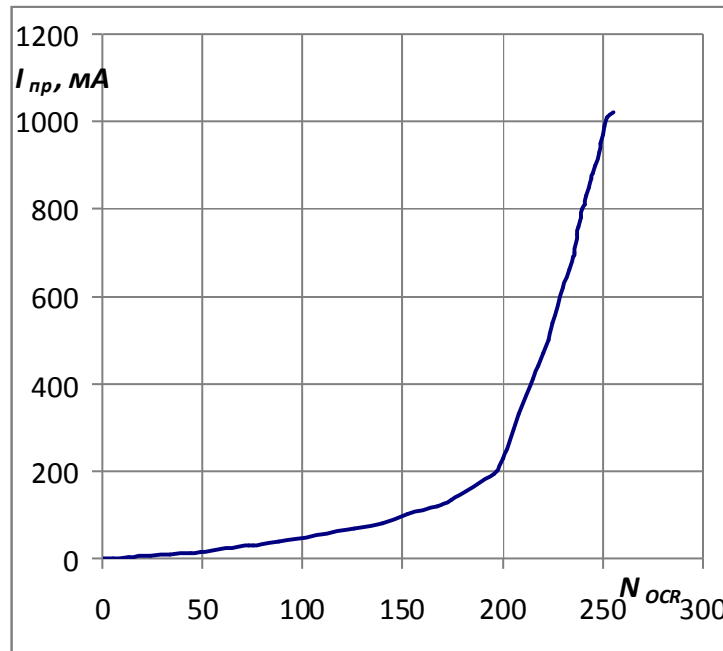


Рис. 8. Залежність прямого струму від коду в регістрі OCR

Застосований датчик освітленості *BH1750* у своєму складі містить фотодіод, підсилювач, аналого-цифровий перетворювач та інтерфейс *I<sup>2</sup>C*. Незважаючи на високу точність вимірювання (1 лк або 4 лк), цей прилад є достатньо інерційним (час вимірювання становить 120 мс та 16 мс відповідно). Інтегральний вплив різних факторів на адекватність спостереження освітленості (нелінійність та інерційність перетворення, залежність чутливості від спектра чи температури тощо) можна врахувати експериментальним шляхом. З цією метою були виконані вимірювання залежності цифрового коду на виході датчика (тобто освітленості поверхні фотодіода) від сили струму СВД. Результати експериментальних досліджень у нормованому вигляді представлені на рис. 9 (суцільна лінія).

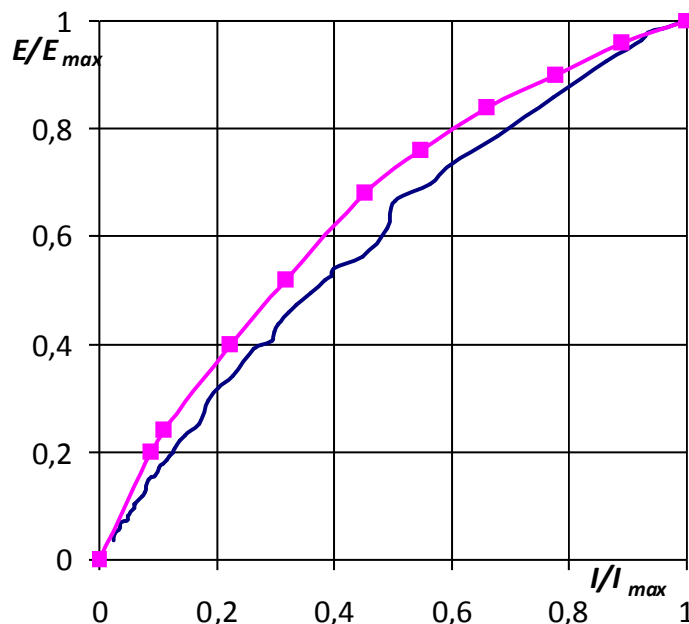


Рис. 9. Залежність відносної сили світла СВД від прямого струму

З метою стандартизації умов проведення дослідження СВД було розміщено в одному з торців металеві труби довжиною 2400 мм, а датчик освітленості – в іншому торці. Внутрішній діаметр труби підібраний таким чином, щоб добре вмщувати та екранувати як СВД, так і датчик, що зменшує вплив зовнішнього освітлення.

У контексті задачі, що вирішується, тобто регулювання освітленості, важлива ступень нелінійності наскрізної залежності відносної сили світла СВД, що оцінена неідеальним датчиком, від відносної сили прямого струму. Характер експериментально знятої кривої достатньо добре збігається з даними технічних умов (на рис. 9 – лінія з маркерами).

На рис. 10 показана осцилограма ШІМ-сигналу на затворі МДН-транзистора та струму через світлодіод після ступінчатої зміни коефіцієнта заповнення ШІМ-сигналу керування силовим вентилям з 0 до 0,863.

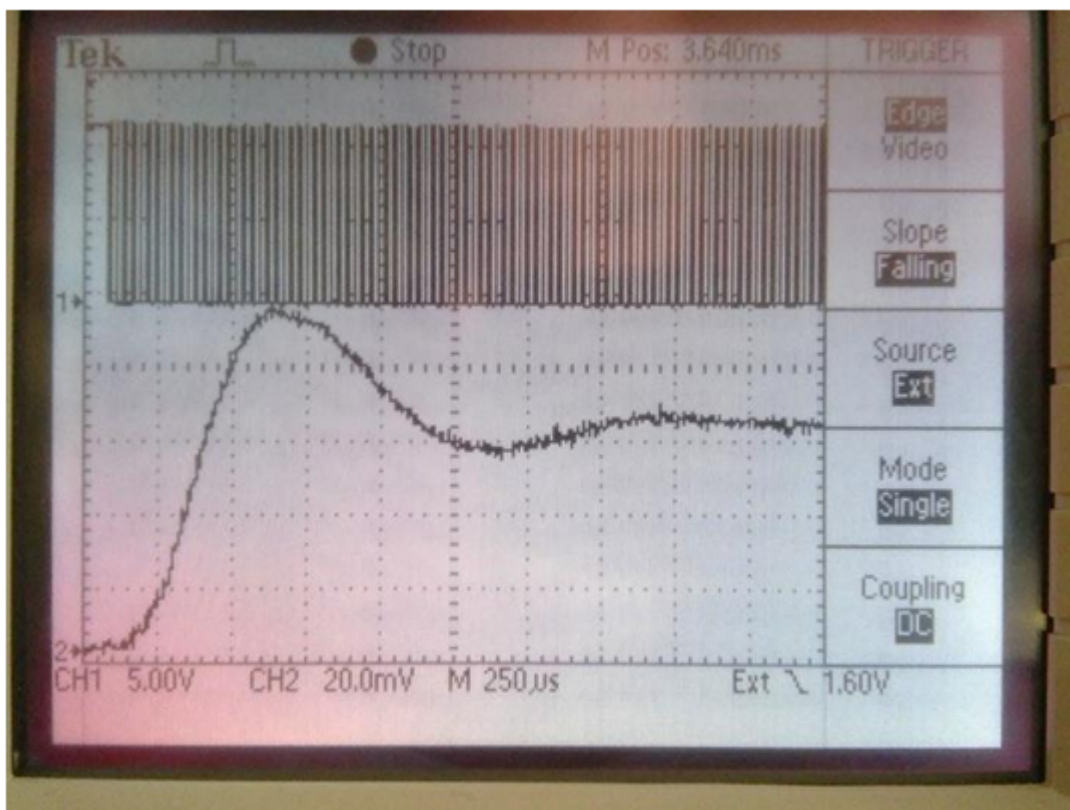


Рис. 10. Осцилограма ШІМ-сигналу та струму через СВД

Очевидне добре узгодження характеру перехідного процесу з результатами моделювання (затримка появи струму та частота коливань). Це відкриває шлях до подальшої роботи з налагодження замкнутих кіл регулювання струму та освітленості. Потребують уточнення деякі амплітудні параметри моделі.

**Висновки і пропозиції.** Запропоновано функціональну схему системи регулювання освітленості у складі комплексу для досліджень інтелектуальних баластів для СВД у вигляді двоконтурної системи автоматичного керування. Експериментальні вимірювання вольт-амперної характеристики досліджуваного СВД продемонстрували суттєві відмінності від даних технічних умов. Цей факт врахований під час моделювання драйвера СВД, для якого запропоновано нову *Simulink*-модель, яка спирається на таблицю з експериментально вимірними значеннями залежності струму СВД від напруги. Розроблено принципову схему, програми роботи та виготовлено прототип комплексу для досліджень динаміки інтелектуальних баластів для СВД. Експериментальні дослідження засвідчують добре узгодження з результатами моделювання. Наступні кроки мають бу-

ти пов'язані з розробленням регуляторів струму та освітленості, які повинні покращити перехідні процеси в системі.

### Список використаних джерел

1. CIE S 025/E:2015 Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules STANDARD by Commission Internationale de L'Eclairage, 03/01/2015.
2. ISO 23539:2005(E)/CIE S 010/E:2004: Joint ISO/CIE Standard: Photometry – The CIE System of Physical Photometry.
3. ISO 8995-1:2002(E)/CIE S 008/E:2001: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of Work Places – Part 1: Indoor [incl. Technical Corrigendum ISO 8995:2002/Cor. 1:2005(E)].
4. ISO 8995-3:2006(E)/CIE S 016/E:2005: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of Work Places – Part 3: Lighting Requirements for Safety and Security of Outdoor Work Places.
5. *Гостев В. И.* Системы автоматического управления с цифровыми регуляторами : справочник / В. И. Гостев, В. К. Стеклов. – К. : Радиоаматор, 1998. – 704 с.
6. *Ramli R.M., Arief Y.Z., Dewi Abd Aziz P.* Application of LED technology into public road lighting in Malaysia for replacing the high pressure sodium vapour lighting // Proc. of 2015 Int. Conf. on Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA). – 2015. – Pp.76-81.
7. *Peck J., Ashburner G., Schratz M.* Solid state LED lighting technology for hazardous environments; lowering total cost of ownership while improving safety, quality of light and reliability // Proc. of Petroleum and Chemical Industry Conference Europe (PCIC EUROPE). – 2011. – Pp. 1–8.
8. *Galkin I., Bisenieks L., Suzdalenko A.* Impact of pulse modulation method of led dimmer for street lighting on its efficiency // Proc. of 4th European Education and Research Conference (EDERC). – 2010. – Pp. 160 – 164.
9. *Galkin I., Tetervenoks O.* Validation of direct current control in LED lamp with non-inverting buck-boost converter// Proceedings of the Industrial Electronics Conference (IECON). – 2013. – art. no. 6700123, pp. 6021-6026.
10. *Войтенко В. П.* Комплекс для досліджень інтелектуальних баластів систем освітлення на основі світлодіодних діодів / В. П. Войтенко, С. І. Яценко // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2016) : матеріали тез доповідей VI Міжнар. наук.-практ. конф. (26–29 квітня 2016 р., м. Чернігів). – Чернігів : ЧНТУ, 2016. – С. 333–334.
11. 10W Epistar 35mil Chip High Power LED LEDE-P10B-D-White. – ShenZhen Wayjun Technology Co., Ltd, 2012.
12. HEXFET® Power MOSFET IRF9530N. Datasheet PD-91482C. – International Rectifier, 1998.

**Войтенко Володимир Павлович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри промислової електроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Войтенко Владимир Павлович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры промышленной электроники, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Voytenko Volodymyr** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Industrial Electronics Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** volodymyr.voytenko@inel.stu.cn.ua

**Яценко Сергій Ігорович** – студент магістратури, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Яценко Сергей Игоревич** – студент магистратуры, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Yatsenko Serhii** – MSc student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** royalroad1995@gmail.com

# РОЗДІЛ VI. ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБНОЇ, ЛЕГКОЇ ТА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 674.047

*Сергій Бойко, Андрій Єрошенко*

## МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Сергей Бойко, Андрей Ерошенко*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Sergiy Boyko, Andriy Yeroshenko*

## MODELING OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MODIFIED WOOD BY FINITE ELEMENTS

Запропоновано модель фізико-механічних властивостей деревини при скінчено-елементному аналізі. Запропоновано методику розрахунку на міцність зразків деревини різних порід методом скінчених елементів з урахуванням анізотропних властивостей деревини. Проведені чисельні дослідження зразка деревини на розтяг з метою встановлення межі міцності різних порід.

**Ключові слова:** фізико-механічні властивості, границя міцності, модуль пружності, метод скінчених елементів.

Рис.: 5. Табл.: 1. Бібл.: 7.

Предложена модель физико-механических свойств древесины при конечно-элементном анализе. Предложена методика расчета на прочность образцов древесины различных пород методом конечных элементов с учетом анизотропных свойств древесины. Выполнены численные исследования образца древесины на растяжение с целью определения предела прочности различных пород.

**Ключевые слова:** физико-механические свойства, предел прочности, модуль упругости, метод конечных элементов.

Рис.: 5. Табл.: 1. Библ.: 7.

A model of the physical and mechanical properties of wood with the finite element analysis is offered. The method is based on the strength of wood samples of different species using finite element method, taking into account the anisotropic properties of the wood is offered. The numerical study of the wood sample in tension in order to determine the tensile strength of various breeds was carried out.

**Key words:** physical and mechanical properties, ultimate tensile strength, modulus of elasticity, finite element method.

Fig.: 5. Tabl.: 1. Bibl.: 7.

**Постановка проблеми.** Дерево є одним з основних конструкційних матеріалів і залежно від галузі його застосувань особливий інтерес представляють саме механічні властивості деревини. Деревина є анізотропним матеріалом, що значно ускладнює конструкційний аналіз і прогнозування поведінки виробів з деревини у процесі підготовки виробництва на стадіях розробки виробів [1; 2; 3; 4]. Анізотропія – неоднакові властивості матеріалу в різних напрямках. Властивості деревини значно відрізняються уздовж і поперек волокон, наприклад, міцність уздовж волокон у 25–30 разів вище ніж поперек. Також різняться властивості пізньої і ранньої деревини, так, міцність пізньої в 3–4 рази вище. Розрахунковою моделлю дерева є ортотропний матеріал, з трьома площинами структурної симетрії (рис. 1).

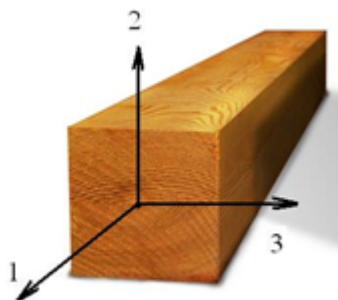


Рис. 1. Основні напрямки для визначення механічних властивостей деревини

Механічні властивості дерева в зазначеній точці характеризуються в поздовжньому, радіальному і тангенціальному напрямку. Поздовжня вісь 1 є паралельною напрямку текстури (волокон); радіальна вісь 2 є перпендикулярна кільцям зростання; і тангенціальна вісь 3 є дотичною до кілець зростання [3; 4].

Зміна показників міцності внаслідок неоднорідності деревини призводить до складності при отриманні розрахунко-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

вих характеристик дерева. Як наслідок, збільшення витрат у процесі підготовки виробництва на стадіях розроблення виробів з деревини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нині поряд з традиційними методами оцінки міцності виробів все частіше використовуються підходи, засновані на чисельних методах. Це пов'язано з впровадженням систем автоматизованого проектування, ускладненням геометрії і структури конструкцій з жорсткими вимогами до їх міцності, а також скороченням термінів, відведених на підготовку виробництва продукції.

Існує кілька математичних методів реалізації уявлення геометрії в системах аналізу [1; 2], заснованих на чисельних методах, це:

- метод скінченних різниць (МСР);
- метод скінченних елементів (МСЕ);
- метод граничних елементів (МГЕ).

МГЕ є вельми перспективним, але поки ще не знайшов практичного застосування.

За допомогою МСР реалізовані багато систем аналізу лінійного програмування. Це викликано простотою застосування цього методу, хоча він має суттєвий недолік, що полягає у спотворенні геометрії при її ступінчастому представленні (наприклад, периметр кола, представленого МКР, дорівнює периметру описаного навколо нього квадрата). МСЕ дозволяє описати геометрію з будь-яким ступенем точності, тому його застосування є більш виправданим. Отже, для підвищення точності моделювання слід вибирати систему, засновану на МСЕ. У більшості сучасних програмних комплексів (наприклад, ANSYS, NASTRAN, ABAQUS, SOLIDWORKS) чисельний аналіз реалізований за допомогою МСЕ [1].

Використання систем скінчено-елементного аналізу дозволяє виконати дослідження об'єктів без виготовлення їх матеріального прототипу, завдяки створенню і розв'язанню адекватної математичної моделі. Це дозволяє в кілька разів скоротити період конструкторсько-технологічної підготовки виробництва продукції, матеріальні витрати й оптимізувати конструкцію за певними критеріями.

Однак застосування методу скінченних елементів під час аналізу столярних конструкцій вимагає великих знань про сам метод, досвіду роботи і наявність прикладних методик розрахунку, що враховують особливості деревного матеріалу і дійсної роботи конструкцій.

**Мета статті.** Мета проведеного дослідження – підвищення ефективності конструкційного аналізу виробів з деревини на основі чисельних методів розрахунку напружено-деформованого стану в процесі підготовки виробництва на стадіях розробки і проектування виробів з деревини.

Відповідно до зазначеної мети сформульовано основні завдання дослідження:

- 1) визначити модель фізико-механічних властивостей деревини при скінчено-елементному аналізі;
- 2) запропонувати методику розрахунку на міцність зразків деревини різних порід методом скінчених елементів з урахуванням анізотропних властивостей деревини;
- 3) провести чисельні дослідження зразка деревини на розтяг з метою встановлення межі міцності різних порід.

**Виклад основного матеріалу.** У процесі моделювання властивостей деревини й аналізу конструкцій необхідно прийняти деякі припущення:

- у деревини залежність між напруженнями і деформаціями при короткочасних навантаженнях близька до лінійної. Тому можна з деяким наближенням вважати, що деревина підкоряється закону Гука. Структурні особливості деревини визначають явно виражені відмінності пружних властивостей у різних напрямках, тобто пружну анізотропію. Отже, стосовно до деревини зв'язок між напруженнями і деформаціями здійснюється на базі теорії пружності анізотропного тіла [1; 5; 6].

Основне співвідношення між напругою і деформацією для пружних анізотропних матеріалів, у тому числі і деревини, в матричній формі має вигляд:

$$\{\varepsilon\} = [D] \cdot \{\sigma\} + \{\varepsilon_0\} \quad (1)$$

де  $\{\varepsilon\}$  – вектор деформацій;  $[D]$  – матриця податливості;  $\{\sigma\}$  – вектор напружень;  $\{\varepsilon_0\}$  – вектор початкових деформацій, у цій моделі пропонується розглядати як вектор деформацій викликаних зміною вологості модифікованої деревини.

Матриця податливості для анізотропних матеріалів, розміром 6х6, має вигляд:

$$[D] = \begin{bmatrix} 1/E_r & -\mu_{tr}/E_r & -\mu_{ar}/E_r & 0 & 0 & 0 \\ -\mu_{rt}/E_t & 1/E_t & -\mu_{at}/E_t & 0 & 0 & 0 \\ -\mu_{ra}/E_a & -\mu_{ta}/E_a & 1/E_a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/G_{rt} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_{ta} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_{ra} \end{bmatrix} \quad (2)$$

де  $E$  – модуль пружності,  $G$  – модуль зсуву,  $\mu$  – коефіцієнт поперечної деформації.

Значення модуля пружності задається у трьох напрямках: аксіальному, радіальному, тангенціальному і залежить від породи деревини.

Постановка задачі:

Досліджувалися принципи моделювання виробів з деревини як ортотропного матеріалу в програмі скінчено-елементного аналізу SolidWorks Simulation [7]. Для досліджень на міцність при розтягу використовувався спеціальний зразок (рис. 2), закріпленний з одного кінця по всіх ступенях свободи, і навантажений з іншого тиском. Значення тиску  $P = 1000$  Н.

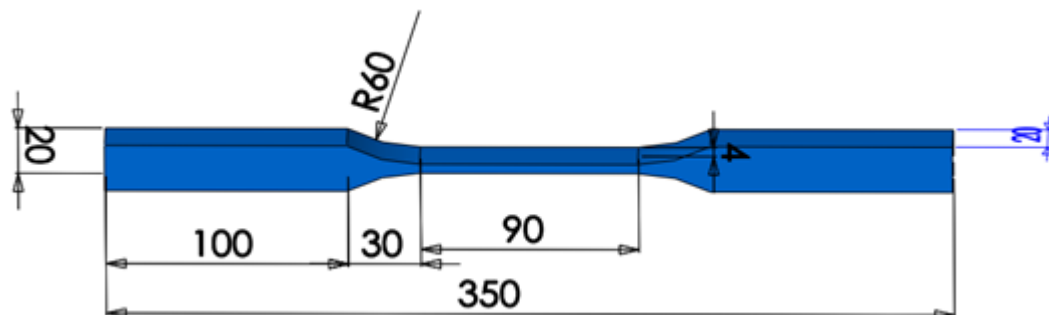


Рис. 2. Зразок деревини для досліджень на міцність при розтягу

Така форма зразків обумовлена прагненням забезпечити руйнування в тонкій робочій частині, а не в місці закріплення, під впливом саме напруг, що розтягують.

У табл. наведені модуль пружності  $E$  і модуль зсуву  $G$  різних порід деревини при вологості 15 % і для різних напрямків, враховуючи властивості деревини як ортотропного матеріалу.

Таблиця

Модуль пружності і модуль зсуву

Порода	Модуль пружності при розтягу, $10^3$ кг/см <sup>2</sup>			Модуль зсуву		
	$E_a$	$E_r$	$E_t$	$G_{ra}$	$G_{tr}$	$G_{rt}$
Сосна	117	5,1	4,3	11,4	7,1	0,5
Дуб	140	11,0	8,3	13,2	9,1	4,4
Береза	181	6,0	4,2	14,5	8,0	2,0

Моделювання проводилося в пакеті скінчено-елементного аналізу SolidWorks Simulation. Моделювання проводилося в системі CI.

Використовувалося 4 моделі для різних порід деревини (розтягнення вздовж волокон). Тип аналізу – нелінійний.

Навантаження прикладалася до площини у вигляді тиску  $P = 1000 \text{ Н}$  (рис. 3).

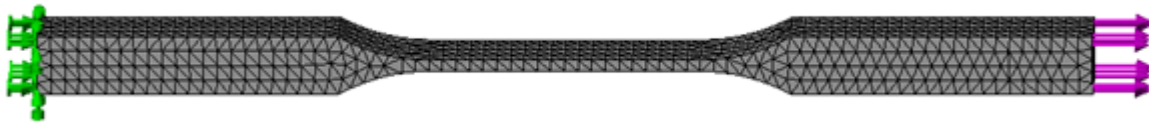


Рис. 3. Розрахункова схема

Результатами моделювання фізико-механічних властивостей різних порід деревини є епюри поля напружень і деформацій дослідного зразка (рис. 4).

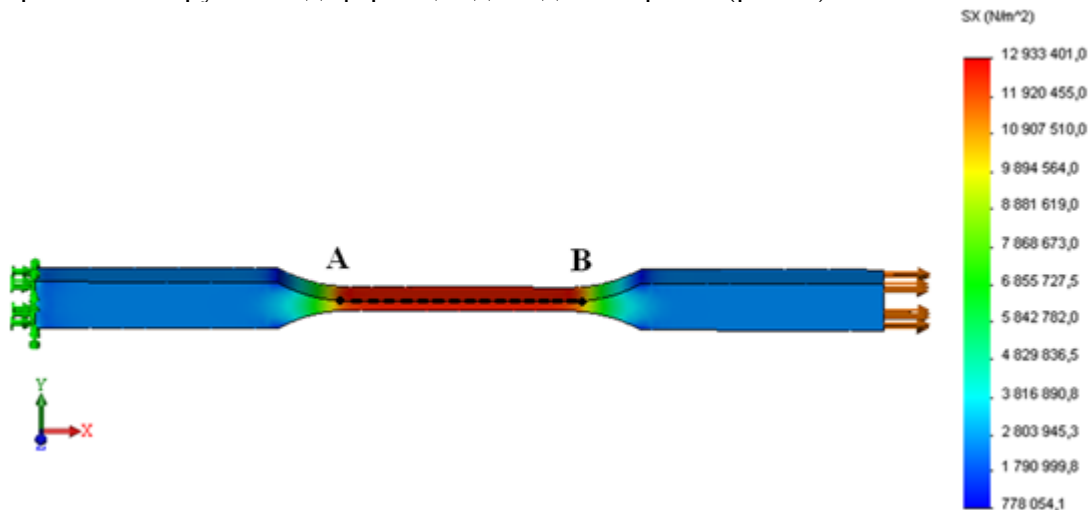


Рис. 4. Епюра напружень при розтягненні вздовж волокон зразка із сосни

Оскільки поле напружень, зображене на рис. 4, дає тільки наочне уявлення про характер розподілу напружень вздовж волокон дослідного зразка, було додатково побудовано графік (рис. 5) розподілу напружень вздовж лінії А-В.

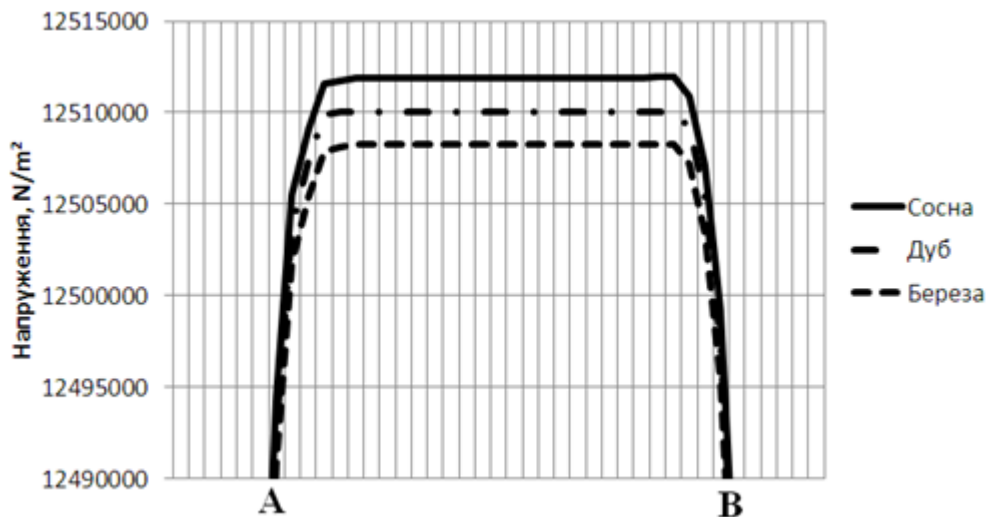


Рис. 5. Розподіл напружень вздовж лінії А-В

Результати досліджень показують, що зміна величини напружень вздовж звуженої частини зразка є нелінійною. Найменші значення напружень мають зразки дуба і берези, які дорівнюють  $12510048 \text{ Н/м}^2$  і  $12508243 \text{ Н/м}^2$  відповідно.

Проведений аналіз конструкції показує, що використання систем скінчено-елементного аналізу дозволяє виявити недоліки і місця концентрації напружень виробів

на концептуальній стадії проекту і виправити їх до початку виготовлення з урахуванням заданих технічних умов.

#### **Висновки і пропозиції.**

- Досліджено модель фізико-механічних властивостей різних порід деревини за допомогою скінчено-елементного аналізу на основі анізотропії властивостей матеріалу.

- Проведено чисельне дослідження зразків з різних порід деревини.

- Ця методика може бути застосована для дослідження й оптимізації конструкцій з дерева за умовами міцності і деформативності (наприклад, деталей меблів і їх вузлових з'єднань), у вагонобудуванні (перегородки, панелі, багажні полиці, настил підлог, вбудовані меблі та інші елементи конструкцій), в суднобудівній промисловості (елементи конструкцій підлог, перегородок, дверей, стінних панелей, вбудовані меблі та інші несучі елементи конструкцій), у дерев'яному житловому будівництві, у виробництві столярно-будівельних виробів та в інших галузях народного господарства.

#### **Список використаних джерел**

1. *Пардаев А. С.* Принципы моделирования и анализа прочности столярных конструкций на основе метода конечных элементов / А. С. Пардаев, С. П. Трофимов // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2005. – Вып. XIII. – С. 162–164.
2. *Уголев Б. Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник для лесотехнических вузов / Б. Н. Уголев. – 3-е изд. – М. : МГУЛ, 2002. – 340 с.
3. *Thermal and Mechanical Finite Element Modeling of Wood-Floor Assemblies Subjected to Furnace Exposure.* Research Report, Machmood Tabaddor, PhD – Underwriters Laboratories Inc, USA, 2008. – 115 p.
4. *Wood Handbook.* Wood as an Engineering Material. Forest Product Laboratory; United States Department of Agriculture Forest Service. – Madison, Wisconsin, USA, 2010. – 509 p.
5. *Соколовський Я. І.* Математичне моделювання двовимірного в'язкопружного стану деревини у процесі сушіння / Я. І. Соколовський, М. В. Дендюк // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2008. – Вип. 7. – С. 17–26.
6. *Соколовський Я. І.* Моделювання деформаційно-релаксаційних процесів у висушуваній деревині методом скінченних елементів / Я. І. Соколовський, А. В. Бакалець // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2006. – № 565. – С. 51–57.
7. *Єрошенко А. М.* Особливості сертифікації продукції деревооброблювального виробництва / А. М. Єрошенко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету: Серія: Технічні науки. – 2011. – № 4 (53). – С. 257–261.

**Бойко Сергій Васильович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Бойко Сергей Васильевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологий машиностроения и деревообработки, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Boiko Sergiy** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Mechanical Engineering and Wood Technology Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** svboyko.cstu@gmail.com

**Єрошенко Андрій Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Єрошенко Андрей Михайлович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологий машиностроения и деревообработки, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Yeroshenko Andriy** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Mechanical Engineering and Wood Technology Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** yeroshenkoam@gmail.com



Виктория Воробьева, Елена Чигиринец, Вероника Ефимова, Татьяна Пилипенко,  
Василькевич Александр, Владислав Пичахчи

## ИЗУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА ГРЕБНЕЙ ВИНОГРАДА

Вікторія Воробйова, Олена Чигиринець, Вероніка Єфімова, Тетяна Пилипенко,  
Василькевич Олександр, Владислав Пічахчі

## ВИВЧЕННЯ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК СПИРТОВОГО ЕКСТРАКТУ ГРЕБНІВ ВИНОГРАДУ

Victoria Vorobyova, Elena Chygyrynets, Veronika Efimova, Tetyana Pilipenko,  
Vasilkevich Aleksandr, Vladyslav Pichakhchi

## THE RESEARCH COMPONENT COMPOSITION OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS ALCOHOLIC EXTRACT OF CREST GRAPES

Целью работы было исследование качественного состава, а именно биологически активных соединений отходов виноградной промышленности – гребней винограда гибридного сорта *Vitis labrusca* × *Vitis vinifera*. Методом газовой хромато-масс-спектрометрии изучен компонентный состав изопропанольного экстракта гребней винограда (семейства *Vitis* сорта *Vitis labrusca* × *Vitis vinifera*). В составе изопропанольного экстракта гребней винограда содержится 23 индивидуальных компонента, присутствующих в количестве более 0,2 %. Анализ состава показал, что основными компонентами являются спирты (2-гексаналь, фенилэтиловый спирт), альдегиды (сиреневый, коричный и бензойный), терпеновые соединения. Значительную часть биологически активных веществ составляют альдегиды и терпеновые соединения. ИК-спектральный анализ подтверждает наличие функциональных групп, которые относятся к установленным соединениям. Методом атомно-адсорбционной спектроскопии определяется качественный и количественный состав минеральных соединений экстракта исследуемого растительного сырья.

**Ключевые слова:** виноград *V. Labrusca*, изопропанольный экстракт, хромато-масс-спектрометрия, спирты, альдегиды, терпеновые соединения.

Рис.: 3. Табл.: 2. Библ.: 10.

Метою роботи було дослідження якісного складу, а саме біологічно активних сполук відходів виноградної промисловості - гребенів винограду гібридного сорту *Vitis labrusca* × *Vitis vinifera*. Методом хромато-мас-спектрометрії вивчений компонентний склад изопропанольного екстракту гребенів винограду (сімейства *Vitis* сорту *Vitis labrusca* × *Vitis vinifera*). У складі изопропанольного екстракту гребенів винограду міститься 23 індивідуальних компонента, наявних у кількості більше 0,2%. Аналіз складу показав, що основними компонентами є спирти (2-гексаналь, фенілетиловий спирт), альдегіди (бузковий, коричний і бензойний), терпенові сполуки. Значну частину біологічно активних речовин складають альдегіди і терпенові сполуки. ІЧ- спектральний аналіз підтверджує наявність функціональних груп, що відносяться до встановлених сполук. Методом атомно-адсорбційної спектроскопії визначається якісний і кількісний склад мінеральних сполук екстракту досліджуваного рослинної сировини.

**Ключові слова:** виноград *V. Labrusca*, изопропанольний екстракт, хромато-мас-спектрометрия, спирти, альдегіди, терпенові сполуки.

Рис.: 3. Табл.: 2. Бібл.:10.

The aim was to study the qualitative composition is biologically active compounds waste grape industry - ridges grapes grade *Vitis labrusca* × *Vitis vinifera*. The method of gas chromatography-mass spectrometry studied component composition isopropanol extract ridges grape (family *Vitis* grade *V. labrusca*). IR-spectral analysis confirms the presence of functional groups related to the connection. Analysis of the composition indicated that the main components are alcohols (2-hexanal, phenylethyl alcohol), aldehydes (cinnamic and benzoic), terpene compounds. The most important compounds in crests grapes are alcohol, aldehydes (Syringic aldehyde, Cinnamic aldehyde, Benzoic aldehyde), Linalool Geraniol, Cymophenol, Nerol. By atomic absorption spectroscopy determination of qualitative and quantitative composition of the extract mineral compounds investigated plant material.

**Key words:** Grapes *V. Labrusca*, 2-propanol extract, gas chromatography-mass spectrometry, alcohols, aldehydes, terpene compounds.

Fig.: 3. Tabl.: 2. Bibl.:10.

**Введение.** Комплексная переработка растительного сырья или отходов его переработки как возобновляемого материала является одним из приоритетных подходов при химическом изучении растений в плане получения практически ценных веществ – биологически активных соединений [1]. Одним из видов растительного сырья, имеющего промышленное значение, являются отходы переработки плодово-ягодных культур, а именно отходы переработки винограда. Биологическая ценность гребней винограда обусловлена содержанием биологически активных веществ (БАВ), таких как летучие

соединения, фенольные вещества, витамины [2; 3]. Таким образом, вопрос использования вторичного сырья, а именно гребней винограда, является актуальным вопросом рационального использования вторичных ресурсов для получения БАВ и важным направлением в создании безотходных технологий переработки винограда. В литературе представлены данные о химическом составе водно-спиртового экстракта гребней винограда с последующим получением сухого экстракта и использования его в лекарственной форме «геля» [4]. По данным некоторых авторов водно-спиртовой экстракт гребней винограда является основным компонентом некоторых биологически активных добавок к пище алкопротекторного типа действия [5]. При получении косметической продукции, содержащей в своем составе компоненты натурального происхождения, БАВ чаще всего вводятся в рецептуры преимущественно также в виде экстрактов. Для получения экстрактов используют различные растворители, однако наибольшее распространение получили спиртовые, а именно изопропанольные экстракты. Изопропанольный спирт при экстракции растительного сырья применяется, главным образом, как замена этилового спирта, поскольку он является более универсальным и обладает высокой растворяющей способностью в отношении душистых и некоторых лекарственных веществ. При производстве парфюмерно-косметических средств изопропиловый спирт используют, главным образом, в качестве экстрагента масел для парфюмерно-ароматического сырья, растворителя, регулятора вязкости. Более того, для ухода за кожей, которая плохо переносит спирт, производят лосьоны-тоники, не содержащие этилового спирта, в состав которых входят глицерин и изопропиловый спирт. При этом следует отметить, что в научно-технической литературе отсутствуют данные по химическому составу изопропанольного экстракта гребней винограда.

В связи с этим целью работы есть исследование компонентного состава изопропанольного экстракта гребней винограда.

**Экспериментальная часть.** Экстракцию гребней винограда производили изопропиловым спиртом путем настаивания мелко измельченного растительного сырья до частиц размером 1–2,5 мм (при соотношении 1:10) в течение 1 суток с последующей фильтрацией. Компонентный состав летучих веществ экстракта гребней винограда исследовали методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе «FINNIGAN FOCUS» в качестве детектора с газовым хроматографом. Условия хроматографирования были следующими: капиллярная колонка HP-5MS,  $l=30$  м,  $d=0,25$  мм; температура инжектора –  $+250$  °C; температура детектора –  $+280$  °C; толщина фазы –  $0,25$  мкм; газ носитель – гелий; поток газоносителя –  $1,5$  мл/мин; программа:  $100$  °C  $\rightarrow$   $10$  °C/мин  $\rightarrow$   $280$  °C; диапазон масс:  $30$ – $500$  дальтон; Split; Split Flow –  $15$  мл/мин; объем пробы –  $2$  мкл.

**Результаты и обсуждение.** Согласно полученным данным хромато-масс-спектрального анализа в составе соединений изопропанольного экстракта гребней винограда содержится 23 индивидуальных компонента, присутствующих в количестве более  $0,2$  % (рис. 1, рис. 2, табл. 1). Все они являются известными соединениями и легко идентифицируются по масс-спектрам и линейным индексам удерживания.

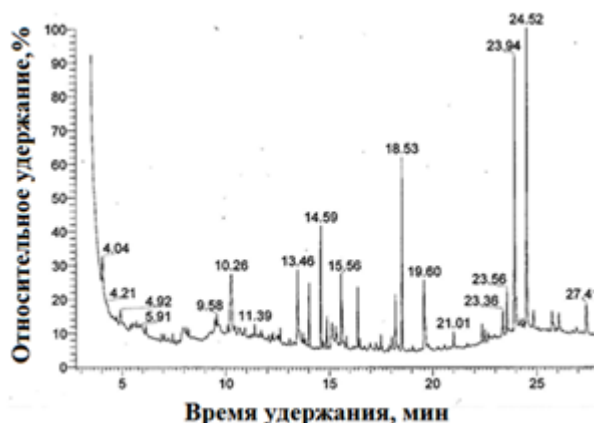


Рис. 1. Газовая хромато-масс-спектрометрия изопропанольного экстракта гребней винограда сорта *Vitis labrusca* × *Vitis vinifera*

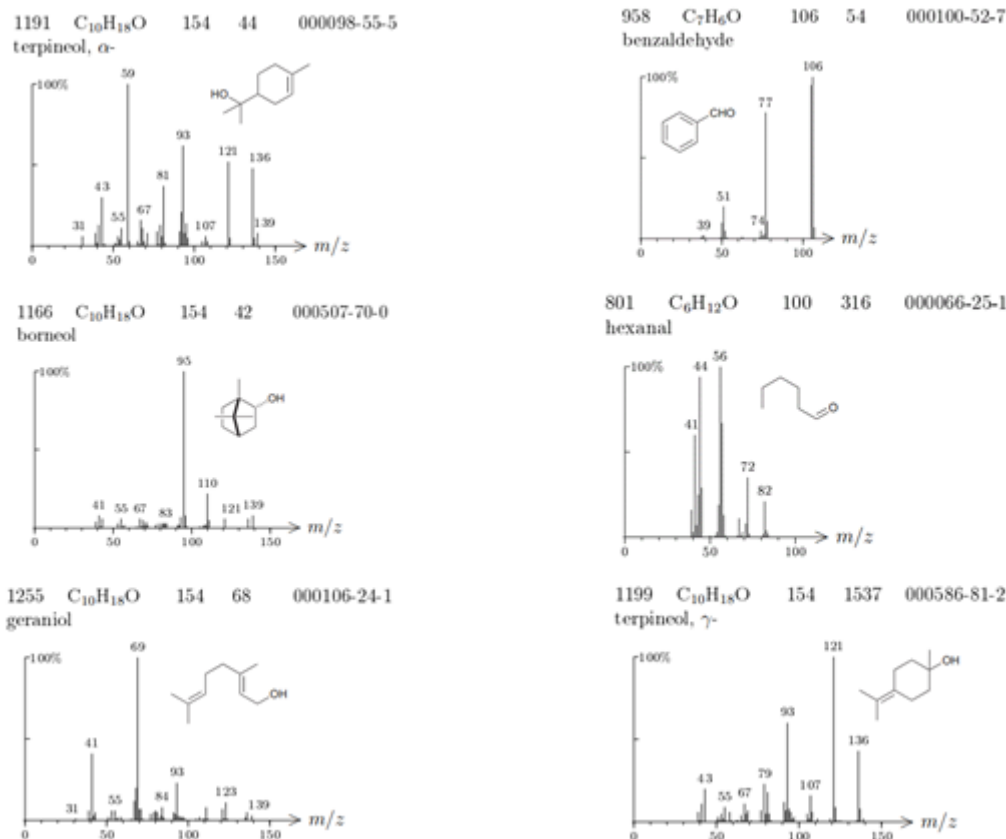


Рис. 2. Масс-спектры основных компонентов экстракта гребней винограда

Таблица 1

Компонентный состав летучих веществ изопропанольного экстракта гребней винограда

Название компонента	Время удерживания, t, мин	Количественное соотношение, %
Гексан-2-ол	4,04	1,1
Бензиловый спирт	4,21	1,0
Этилбутаноат	4,92	0,9
(Z)-2-Гексен-1-ол	5,91	0,9
Гексаналь	9,58	2,4
Бензойный альдегид	10,26	2,6
Фенилэтиловый спирт	11,39	1,3
d-Манноза	13,00	1,8
Сиреневый альдегид	13,46	5,9
Камфен	13,89	1,4
Коричный альдегид	14,01	5,8
Карвакрол	14,59	8,9
Е-цитраль	14,92	1,9
Нерол	15,56	10,8
Гераниол	16,06	9,9
Борнеол	18,24	1,1
Линалоол	18,32	2,3
1,2-бензолдикарбоновая кислота	18,53	14,1
Октадекановая кислота	19,60	4,6
α-кариофилен	21,01	1,3
α-терпениол	23,94	10,5
γ-терпениол	24,01	0,2
Лупеол	24,52	7,5
Бетулин	27,41	1,8

Основными компонентами являются спирты: гексан-2-ол (1,1 %), бензиловый (1,0%) и фенилэтиловый (1,3 %); альдегиды (бензойный (2,6 %), сиреневый (5,9 %) и коричный альдегид (5,8 %), 2-гексаналь (2,4%), Е-цитраль (1,9 %). В экстракте гребней винограда содержится повышенное содержание терпеновых соединений: линалоола (2,3 %), гераниола (9,9 %), карвакрола (8,9 %), камфена (1,4 %) и нерола (10,8 %). Также в значительном количестве установлены кислоты: 1,2-бензолдикарбоновая (14,1 %) и октадекановая (4,6 %). В минорном количестве содержится по 1 % сложных эфиров и гетероциклов.

Наличие в экстракте функциональных групп вышеуказанных органических соединений подтверждено анализом жидкой фазы экстракта гребней винограда методом ИК-спектроскопии (рис. 3, табл. 2). Для экстракта гребней винограда характерны полосы поглощения в области 3000–2800  $\text{см}^{-1}$ , что, вероятно, свидетельствует о присутствии межмолекулярной водородной связи. Из представленных данных видно, что в экстракте присутствуют алифатические  $\text{CH}_3$  и  $\text{CH}_2$ -группы, о чем свидетельствуют полосы поглощения в области 2930–2850  $\text{см}^{-1}$  (валентные колебания  $\text{CH}_3$ - и  $\text{CH}_2$ -групп) и области 1463–1377  $\text{см}^{-1}$  (деформационные колебания). Интенсивное поглощение  $\nu$  (O-H) и  $\nu$  (C-H) в области 1420–1200  $\text{см}^{-1}$  указывает на наличие карбоновых кислот в исследуемом экстракте. Присутствующие полосы поглощения в области 3550–3200  $\text{см}^{-1}$  относятся к связанным валентным колебаниям спиртов, фенолов и углеводов, что свидетельствует о присутствии этих соединений в исследуемом экстракте и совпадает с данными газовой хромато-масс-спектрометрии. Полосы поглощения в области 1600–1450  $\text{см}^{-1}$  относятся к валентным колебаниям ароматического кольца, а также свободных и связанных карбоксильных групп, что свидетельствует о присутствии соединений в исследуемом экстракте, а также подтверждается данными газовой хромато-масс-спектрометрии. Большинство идентифицированных соединений в исследуемом экстракте используются для создания косметической продукции в качестве БАВ. Фармакологическое действие фенольных соединений растительного происхождения давно известно в медицине, поэтому они активно используются при лечении и профилактике различных заболеваний. Так, установленный карвакрол (8,9 %) и гераниол (9,9 %) обладают выраженными антибактериальными и противогрибковыми свойствами, и широко используются в парфюмерии [3–5]. Терпеновый углеводород кариофиллен (1,5 %) – незаменимый компонент для изготовления духов, мыла и других косметических средств. Наиболее ценными летучими соединениями экстракта гребней винограда являются нерол и линалоол [5]. Относительно высокое содержание нерола (10,8 %) в исследуемом экстракте придает ему приятный аромат и обеспечивает сильный противогрибковый эффект. К тому же этот монотерпеновый спирт обладает антимикробной активностью [6]. Линалоол – это спирт, также относящийся к терпеноидам, имеет запах ландыша и его используют для создания парфюмерных композиций, ароматизации мыла и моющих средств. Антимикробными свойствами характеризуется монотерпеновый спирт  $\alpha$  – терпенеол (10,5 %), который является компонентом пищевых эссенций, имеет запах сирени [6]. Борнеол – соединение, которое используется в декоративной косметике, парфюмерии, производстве шампуней, туалетного мыла, а также и в некосметических продуктах, таких как бытовые моющие средства. Его применение во всем мире находится в области 10-100 метрических тонн ежегодно [7–10]. Ти-

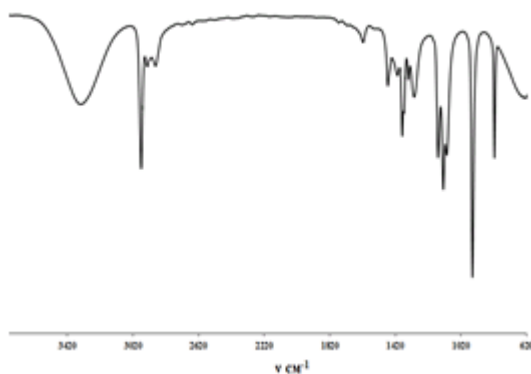


Рис. 3. ИК-спектры изопропанольного экстракта гребней винограда

занным валентным колебаниям спиртов, фенолов и углеводов, что свидетельствует о присутствии этих соединений в исследуемом экстракте и совпадает с данными газовой хромато-масс-спектрометрии. Полосы поглощения в области 1600–1450  $\text{см}^{-1}$  относятся к валентным колебаниям ароматического кольца, а также свободных и связанных карбоксильных групп, что свидетельствует о присутствии соединений в исследуемом экстракте, а также подтверждается данными газовой хромато-масс-спектрометрии. Большинство идентифицированных соединений в исследуемом экстракте используются для создания косметической продукции в качестве БАВ. Фармакологическое действие фенольных соединений растительного происхождения давно известно в медицине, поэтому они активно используются при лечении и профилактике различных заболеваний. Так, установленный карвакрол (8,9 %) и гераниол (9,9 %) обладают выраженными антибактериальными и противогрибковыми свойствами, и широко используются в парфюмерии [3–5]. Терпеновый углеводород кариофиллен (1,5 %) – незаменимый компонент для изготовления духов, мыла и других косметических средств. Наиболее ценными летучими соединениями экстракта гребней винограда являются нерол и линалоол [5]. Относительно высокое содержание нерола (10,8 %) в исследуемом экстракте придает ему приятный аромат и обеспечивает сильный противогрибковый эффект. К тому же этот монотерпеновый спирт обладает антимикробной активностью [6]. Линалоол – это спирт, также относящийся к терпеноидам, имеет запах ландыша и его используют для создания парфюмерных композиций, ароматизации мыла и моющих средств. Антимикробными свойствами характеризуется монотерпеновый спирт  $\alpha$  – терпенеол (10,5 %), который является компонентом пищевых эссенций, имеет запах сирени [6]. Борнеол – соединение, которое используется в декоративной косметике, парфюмерии, производстве шампуней, туалетного мыла, а также и в некосметических продуктах, таких как бытовые моющие средства. Его применение во всем мире находится в области 10-100 метрических тонн ежегодно [7–10]. Ти-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

мол – монотерпеновый фенол, используемый в фармации, обладает антигельминтными и антисептическими свойствами. Установленные альдегиды, в частности бензойный, зачастую используется в парфюмерной промышленности для придания композициям аромата миндаля. В исследуемом экстракте в минимальном количестве установлено фенольных соединений, которые проявляют антиоксидантные свойства, что обусловлено выбранным типом экстрагента – спирт.

Таблица 2

*Отнесение полос поглощения ( $см^{-1}$ ) в ИК-спектрах экстракта гребней винограда*

Полосы поглощения функциональных групп	Экстракт гребней винограда	
$\nu_{OH}$ -валентные	35903-650	1388, 1377,1365,
$\delta_{OH}$ -деформационные	1450-1250	1299, 1319,1365
$\nu_{OH}$ -связанные Н связью (спирты, фенолы, карбоновые кислоты)	3550-3200; 2700-2500 (широкая)	3314
$\nu_{C-H} sp^3$ ; $\nu_{OCH_3}$	2975-2810 (сильные)	2927, 2968, 2875
$\delta C-H sp^3$	1470-143(средние) 1380-1370	1463 1377
$\nu_{CHO}$ альдегиды(2 полосы)	2900-2820(слабая) 2775-2700(слабая)	2875
$\delta(=CH_2) sp^2$	1420-1410; 995-985; 915-905	949
$\nu_{C=O}$ (альдегиды, кетоны, карбоновые к-ты;	1750-1600	1609
$\nu_{C=O}$ ароматич. (альдегиды, кетоны)	1705-1660	1609
$\nu_{as} (CO)$ полуторные	1470-1430	1463

Поскольку большая часть фенольных соединений является водорастворимыми соединениями, поэтому для экстрагирования целесообразным будет использовать водно-спиртовые растворы, что станет дальнейшим объектом для исследования. Камфен – компонент экстракта гребней винограда, который также применяется в производстве душистых веществ, инсектицидов и является промежуточным продуктом в синтезе камфары [10]. Лупеол – пентациклический тритерпеноид. Таким образом, спиртовой экстракт гребней винограда содержит широкий ряд летучих соединений. Наиболее интересными для дальнейшего использования являются альдегиды и карбоновые кислоты, являющиеся перспективными для создания различных видов продукции с высокой биологической активностью, а также парфюмерно-косметических изделий с антиоксидантными свойствами.

**Выводы.** Определен качественный состав биологически активных веществ в изопропанольном экстракте гребней винограда. Исследование состава изопропанольного гребня винограда показало, что в нем содержится около 23 индивидуальных компонентов, среди которых доминируют альдегиды, спирты и карбоновые кислоты, а также терпеновые соединения. Наиболее ценными летучими соединениями экстракта гребней винограда являются нерол и линалоол. Анализ полученных ИК-спектров подтверждает наличие данных соединений в исследуемом экстракте. Минеральный состав экстрактивной части гребней винограда подтверждает фармакогностическую безопасность полученного экстракта, в максимальном количестве содержатся железо, цинк и медь. Проведенные исследования подтверждают возможность использования изопропанольного экстракта гребней винограда для создания косметических средств и продукции с высокой биологической ценностью.

#### Список используемой литературы

1. *Laura Rubi a, Maria-José Motilva, Maria-Paz Romero.* Recent Advances in Biologically Active Compounds in Herbs and Spices: A Review of the Most Effective Antioxidant and Anti-

Inflammatory Active Principles // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2013. – Vol. 53. – Issue 9. – Pp. 943–953.

2. *Масло* из косточек винограда – перспективное сырье для фармацевтической и косметической продукции [Электронный ресурс] / Е. В. Бокшан, Р. Е. Дармограй, В. Дзера, Л. Ф. Чолий, Т. Штейн // Провизор. – 2000. – № 5. – Режим доступа : [http://www.provisor.com.ua/archive/2000/N5/oil.php?part\\_code=28&art\\_code=1957](http://www.provisor.com.ua/archive/2000/N5/oil.php?part_code=28&art_code=1957)

3. *Черноусова И. В.* Сравнение состава и качества масел, полученных экстракцией и пресованием семян винограда / И. В. Черноусова, Н. В. Сизова, Ю. А. Огай // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 129–132.

4. *Биологически* активные вещества винограда: классификация, фармакологические эффекты, лекарственные препараты и БАД на их основе / А. В. Ерёмкина, В. А. Попков, Е. А. Дегтярёва, В. Ю. Решетняк // Натуротерапия и гомеопатия. – 2003. – № 4. – С. 27–30.

5. *Francisco J. Pérez, Camilo Viani and Julio Retamales.* Bioactive Gibberellins in seeded and seedless grapes: Identification and changes in content during berry development // American journal of enology and viticulture. – 2000. – Vol. 51. – Pp. 315–318.

6. *Ерёмкина А. В.* Количественный анализ проантоцианидинов в сухом экстракте вина / А. В. Ерёмкина, В. Ю. Решетняк, М. О. Везиришвили // Труды международного биотехнологического центра МГУ им. М. В. Ломоносова «Биотехнология – охране окружающей среды». – М. : Спорт и культура, 2004. – С. 207.

7. *Исследование* влияния экстракта гребней винограда на острое токсическое действие алкоголя в эксперименте на здоровых людях – добровольцах / В. П. Нужный, Ю. Д. Пометов, А. В. Ковалева и др. // Наркология. – 2002. – № 12. – С. 35–41.

8. *Dorman H.J.D., Deans S.G.* Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils // Journal of Applied Microbiology. – 2000. – Vol. 88. – Pp. 308–316.

9. *Ben Arfa A., Combes S., Preziosi-Belloy L, Gontard N., Chalier P.* Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. – 2006. – Vol. 43. – Issue 2. – Pp. 119–236.

10. *Boukhebt H., Nadjib Chaker A., Belhadj H., Sahli F., Ramdhani M., Laouer H., Harzallah D.* Chemical composition and antibacterial activity of *Mentha pulegium* L. and *Mentha spicata* L. essential oils // Der Pharm. Lett. – 2011. – Vol. 3, №. 4. – Pp. 267–275.

**Воробьева Виктория Ивановна** – кандидат технических наук, ассистент, ассистент кафедры физической химии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

**Воробйова Вікторія Іванівна** – кандидат технічних наук, асистент, асистент кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

**Vorobyova Victoria** – PhD in Technical Sciences, Assistant, Assistant of Physical Chemistry Department, National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute” (Peremohy Av., 37, Kyiv, 03056, Ukraine).

**E-mail:** viktorkathebest@yandex.ru

**Чигиринец Елена Эдуардовна** – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедры физической химии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

**Чигиринець Олена Едуардівна** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

**Chygyrynets Elena** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Physical Chemistry, National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute” (Peremohy Av., 37, Kyiv, 03056, Ukraine).

**E-mail:** corrosionlife@yandex.ru

**Ефимова Вероника Гариевна** – кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующей кафедры физической химии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

**Єфімова Вероніка Гаріївна** – кандидат технічних наук, доцент, замісник завідувача кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

**Efimova Veronika** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of Department of Physical Chemistry, National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute” (Peremohy Av., 37, Kyiv, 03056, Ukraine).

**E-mail:** yefimova\_vg@bk.ru

**Пилипенко Татяна Николаевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физической химии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

**Пилипенко Тетяна Миколаївна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

**Pilipenko Tetyana** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Physical Chemistry, National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute” (Peremohy Av., 37, Kyiv, 03056, Ukraine)

**E-mail:** pilipenkotm@bigmir.net

**Василькевич Александр Иванович** – кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии и технологии органических веществ, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

**Василькевич Олександр Іванович** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної хімії та технології органічних речовин, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

**Vasylykevych Aleksandr** – PhD in Chemistry Sciences, Associate Professor of Department Teaching staff, National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute” (Peremohy Av., 37, Kyiv, 03056, Ukraine).

**E-mail:** vasylykevych@ukr.net

**Пичахчи Владислав Валентинович** – студент кафедры физической химии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

**Пічахчі Владислав Валентинович** – студент кафедри фізичної хімії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

**Pichakhchi Vladyslav** – student of Department of Physical Chemistry, National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute” (Peremohy Av., 37, Kyiv, 03056, Ukraine)

**E-mail:** vladpich@mail.ru

УДК 647.038.3:681.2.083

*Валентин Головач, Ольга Баранова*

## **ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФЕКТІВ ФАНЕРИ НА КОЕФІЦІЄНТ ГАРМОНІЙНИХ СПОТВОРЕНЬ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ УДАРНОГО ДАТЧИКА**

*Валентин Головач, Ольга Баранова*

## **ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФЕКТОВ ФАНЕРЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ГАРМОНИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА УДАРНОГО ДАТЧИКА**

*Valentin Golovach, Olha Baranova*

## **INFLUENCE OF PLYWOOD DEFECT PARAMETERS ON THE HARMONIC DISTORTION COEFFICIENT OF SHOCK SENSOR OUTPUT SIGNAL**

*Проаналізовано вплив характеристик дефектів фанери на коефіцієнт гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика. Досліджено, що при контролі дефекту розшарування фанерного матеріалу на вихідний сигнал ударного датчика впливають такі характеристики дефекту, як його площа  $S$ , глибина  $h$  та місце залягання дефекту.*

**Ключові слова:** фанера, дефектоскопія, метод вільних коливань, розшарування, площа, глибина, місце залягання дефекту.

*Рис.: 4. Табл.: 1. Бібл.: 6.*

*Проанализировано влияние характеристик дефектов фанеры на коэффициент гармонических искажений выходного сигнала ударного датчика. Доказано, что при контроле дефекта расслоения фанерного материала на выходной сигнал ударного датчика влияют такие характеристики дефекта: площадь  $S$ , глубина  $h$  и место залегания дефекта.*

**Ключевые слова:** фанера, дефектоскопия, метод свободных колебаний, расслоение, площадь, глубина, место залегания дефекта.

*Рис.: 4. Табл.: 1. Библ.: 6.*

*In the article given the analysis of influence of plywood defect parameters on the harmonic distortion coefficient of shock sensors output signal it's revealed that in the control of bundle defect of plywood material the output signal of shock sensor is influenced by the area ( $S$ ), the depth ( $h$ ) and location of occurrence of the defect.*

**Key words:** plywood, flaw detection, the method of free oscillations, bundle, area, depth, the place of occurrence of the defect.

*Fig.: 4. Tabl.: 1. Bibl.: 6.*

**Постановка проблеми.** Фанерне виробництво являє собою складну технологічну систему. Технологічні процеси виробництва фанери на сучасному етапі потребують значних

трудових і матеріальних витрат, тому для ефективного управління фанерним підприємством необхідне використання сучасних методів керівництва, заснованих на оптимізації процесів з використанням обчислювальної техніки. Ефективність управління досягається, головним чином, за рахунок пошуку оптимальних умов протікання технологічного процесу на основі оперативного оброблення інформації про стан процесу, а також оптимальної стратегії управління процесом у реальному масштабі часу. Реалізація цього напрямку здійснюється через використання технологічних методів контролю, оснащення технологічного процесу сучасним точним і високопродуктивним виробничим і контрольним обладнанням, створення широкої номенклатури засобів автоматизації оброблення інформації [1; 2].

Контроль є одним з найважливіших елементів управління. У процесі виробництва фанери можливе виникнення в ній внутрішніх дефектів, наявність яких у готовій продукції є неприпустимою. Причини утворення внутрішніх дефектів обумовлені, в основному, порушенням технологічного процесу виробництва фанери і нестабільної якості вихідної сировини. Ці внутрішні дефекти зазвичай виявляються тільки під час розрізання на шматки чи під час подальшого оброблення споживачами, а це призводить до повернення продукції чи рекламациям по якості [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найбільш розповсюдженим методом автоматизованого неруйнівного контролю матеріалів і виробів є ультразвуковий метод. Дослідження неруйнівних ультразвукових методів контролю й оцінювання якості деревини відображені в роботах В. Д. Нікішова, І. А. Голубова, Н. А. Гончарова, Е. К. Ашкеназі. Цей метод успішно використовується для контролю фанери на зарубіжних підприємствах.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Ультразвуковий метод досить точний, технологічний, дозволяє автоматизувати процес визначення внутрішніх дефектів фанери. Результати вимірювань можливо використовувати як для селективного сортування фанери, так і для автоматизованого коригування технологічних процесів виготовлення фанери. Однак ультразвуковий метод також має суттєві недоліки, а саме: для здійснення контролю потрібні достатньо стабільні зовнішні умови (температура, якість поверхні фанери, відсутність конвекційних повітряних потоків і т. ін.), що ускладнює конструкцію вимірювальної установки та робить реалізацію методу порівняно дорогою [3].

**Мета статті.** У зв'язку з цим була поставлена мета – розробити більш простий метод контролю дефектів фанери. За основу в роботі взято метод вільних коливань. Переваги використання методу вільних коливань перед іншими методами – можливість контролю виробу в умовах виробництва, контроль матеріалів з високими коефіцієнтами затухання пружних коливань, а також знаходження дефектів на значній глибині. Метод вільних коливань технічно досить просто реалізується, система може бути більш мобільною, що робить можливою її установку і після заключного етапу виробництва, і безпосередньо після пресування [4].

**Виклад осново матеріалу.** В цій роботі за вихідний параметр експериментів було вибрано коефіцієнт гармонійних спотворень  $K_2$ . У таблиці наведена матриця планування для повного факторного експерименту ПФЕ  $2^3$  та значення вихідного параметра – коефіцієнта гармонійних спотворень  $K_2$ . Заміри проводились на зразку фанери на різних його ділянках – на ділянках з дефектом та без дефекту [5; 6].

Таблиця

Матриця планування повного факторного експерименту ПФЕ  $2^3$

x0	x1	x2	x3	x1x2	x1x3	x2x3	x1x2x3	h, м	S, м <sup>2</sup>	P	Зона вимірювання	
											Без дефекту	З дефектом
											$K_{2,ср.б.д}$	$K_{2,ср.з.д}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,018	0,042	1	31,68	22,35
1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,004	0,042	1	26,52	48,48



Закінчення табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,018	0,0079	1	49,83	35,24
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0,004	0,0079	1	16,53	23,65
1	1	1	1	1	1	1	1	0,018	0,042	2	8,5	45,6
1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,004	0,042	2	6,21	54,57
1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0,018	0,0079	2	5,71	46,47
1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0,004	0,0079	2	3,37	65,42

За результатами повного факторного експерименту, в якому вихідний параметр – коефіцієнт гармонійних спотворень  $K_g$  досліджувався на ділянці без дефекту (розшарування) фанери, отримані рівняння регресії в нормованому (1) та в натуральному вигляді (2).

$$K_{g \text{ норм. б. д.}} = 18,5 + 5,39h - 12,6P - 3,52hS - 4,23hP + 3,5hSP. \quad (1)$$

$$K_{g \text{ нат. б. д.}} = -4 + 5520h - 1296S + 4P - 117784hS - 2676hP - 647SP - 58840hSP. \quad (2)$$

Нижче наведені рівняння регресії в нормованому (3) та в натуральному вигляді (4), отримані за результатами дослідів на ділянках композитного матеріалу з дефектом.

$$K_{g \text{ норм. б. д.}} = 42,7 - 5,31h + 10,3P - 3,47hS - 2,96SP + 5,96hSP. \quad (3)$$

$$K_{g \text{ нат. б. д.}} = -28,9 + 3706h + 1968S + 48P - 178928hS - 2493hP - 1099SP + 99916hSP. \quad (4)$$

Порівняльний аналіз рівнянь (1) і (3) показує:

- найбільший вплив на вихідний сигнал коефіцієнт гармонійних спотворень  $K_g$  сигналу ударного датчика надає розташування дефекту, коефіцієнт у рівнянні (1) при факторі –  $12,6 P$ . Це можна пояснити тим, що у випадку розташування дефекту поза місцем вимірювання, датчик фіксує коливання ділянки пластини без дефекту, у якій переважає власна частота коливань. Також видно, що у випадку виміру на місці дефекту, де товщина ділянки пластини зменшується, вплив цього фактора також змінюється на протилежний:  $-10,3 P$  в (3) проти  $+12,6 P$  в (1);

- вплив глибини залягання дефекту на вихідний сигнал носить протилежний характер:  $+5,39h$  в (1) та  $-5,31 h$  в (3). При наближенні датчика до місця розташування дефекту частота пульсацій сигналу датчика зменшується. Пояснюється це зміною частоти власних коливань ділянки фанери;

- вплив величини площі поверхні  $S$  дефекту на коефіцієнт гармонійних спотворень сигналу ударного датчика дуже незначний. В обох рівняннях (1) та (3) коефіцієнти при  $S$  виявились незначними і були видалені;

- також спостерігається досить значний вплив на коефіцієнт гармонійних спотворень факторів взаємодії, найбільші з яких це  $-3,52 hS$  в (1) та  $+5,96 hSP$  в (4), що також пояснюється зміною власних коливань ділянок фанери у разі появи в місці розташування дефекту.

Для наочності на рис. 1 та рис. 2 показано графіки залежності коефіцієнта гармонійних спотворень від глибини  $h$  залягання дефекту і його площі  $S$  при вимірюванні на бездефектній ділянці зразка фанери відповідно з дефектом у середині зразка та на його краю. Відстань між кордоном дефекту та місцем вимірювання датчика вибиралася в діапазоні  $0,01 \div 0,02$  м.

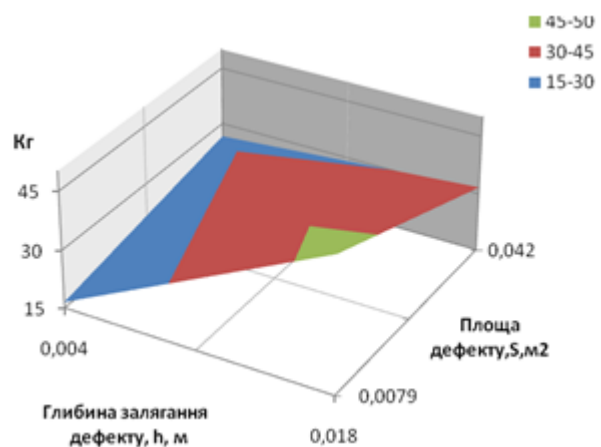


Рис. 1. Графік залежності коефіцієнта гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика від глибини залягання дефекту та його площі (дефект у середині зразка, ділянка вимірювання – без дефекту)

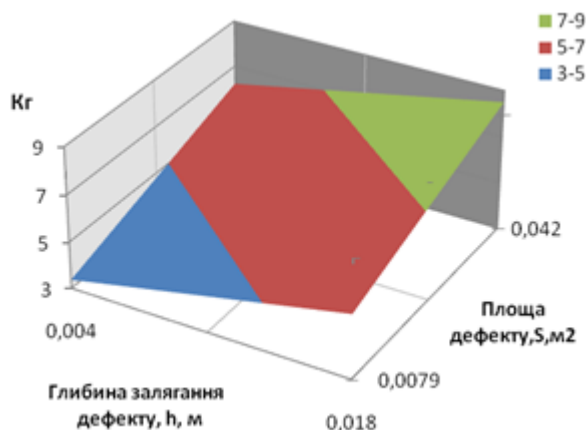


Рис. 2. Графік залежності коефіцієнта гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика від глибини залягання дефекту та його площі (дефект з краю зразка, ділянка вимірювання – без дефекту)

На рис. 3 та рис. 4 показано графіки залежності власної частоти коливань ділянки фанери від глибини залягання дефекту та його площі під час вимірювання на дефектній ділянці зразка фанери відповідно з дефектом у середині зразка та на його краю.

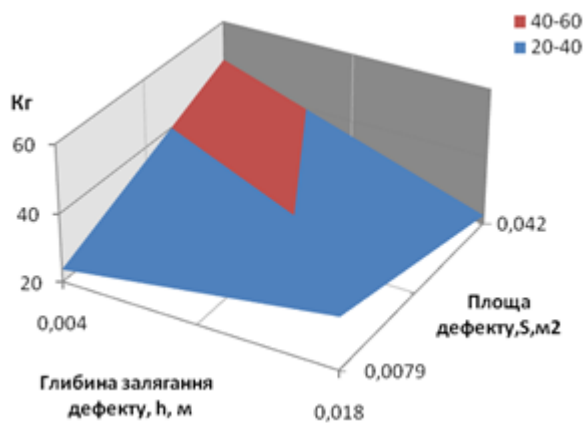


Рис. 3. Графік залежності коефіцієнта гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика від глибини залягання дефекту та його площі (дефект у середині зразка, ділянка вимірювання – з дефектом)

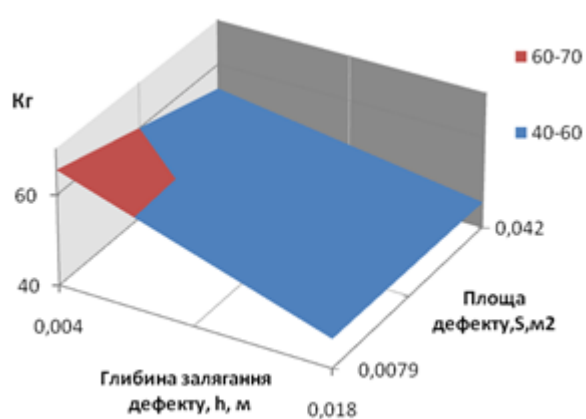


Рис. 4. Графік залежності коефіцієнта гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика від глибини залягання дефекту та його площі (дефект з краю зразка, ділянка вимірювання – з дефектом)

**Висновки та пропозиції.** Результати дослідження показують, що при контролі дефекту (розшарування) фанери на коефіцієнт гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика впливають такі характеристики дефекту, як його площа  $S$ , глибина  $h$  та місце залягання дефекту. Це може служити підставою для розроблення пристрою для виявлення дефектів у фанері за результатами вимірювання ударним методом коефіцієнта гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика.

#### Список використаних джерел

1. Пижурин А. А. Основы научных исследований в деревообработке : [учеб. для вузов для специальностей 260200 «Технология деревообработки», 170400 «Машины и оборудование лесного комплекса»] / А. А. Пижурин, А. А. Пижурин. – М. : Издательство Моск. гос. у-та леса, 2005. – 304 с.
2. Защук И. В. Электроника и акустические методы испытания строительных материалов / И. В. Защук. – М. :Высшая школа, 1967. – 248 с.
3. Ультразвук в гидрометаллургии / Б. А. Агранат, О. Д. Кириллов, Н. А. Преображенский, Н. Н. Хавский. – М. : Металлургия, 196. – 304 с.
4. Бабаков Н. М. Теория колебаний / Н. М. Бабаков. – М. : Наука, 1968. – 560 с.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

5. Головач В. М. Аналіз реакції елементів фанери на ударні впливи [Електронний ресурс] / В. М. Головач, О. С. Баранова // Лісове і садово-паркове господарство. – 2015. – № 8. – Режим доступу : <http://ejournal.studnubip.com/wp-content/uploads/2015/12/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%87.pdf>.

6. Головач В. М. Аналіз впливу характеристик дефекту фанери на кількість пульсацій вихідного сигналу ударного датчика / В. М. Головач, О. С. Баранова // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – № 25.10. – С. 280.

**Головач Валентин Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології деревообробки, Національний університет біоресурсів і природокористування України (провулок Сільськогосподарський, 17, м. Київ, 03041, Україна).

**Головач Валентин Михайлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообработки, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (переулок Сельскохозяйственный, 17, г. Киев, 03041, Украина).

**Golovach Valentin** – PhD in Technical Sciences. Assistant Professor. Department of Wood Processing Technologies. The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (17 Selskohozyaystvenniy side street, 03041 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** vale\_go@mail.ru

**Баранова Ольга Сергіївна** – аспірант кафедри технології деревообробки. Національний університет біоресурсів і природокористування України (провулок Сільськогосподарський, 17, м. Київ, 03041, Україна).

**Баранова Ольга Сергеевна** – аспірант кафедры технологии деревообработки. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (переулок Сельскохозяйственный, 17, г. Киев, 03041, Украина).

**Baranova Olha** – PhD student of Department of Wood Processing Technologies. The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (17 Selskohozyaystvenniy side street, 03041 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** olhabaranova@gmail.com

УДК 674.047

*Андрій Єрошенко, Сергій Бойко*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИННИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Андрей Ерошенко, Сергей Бойко*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Andriy Yeroshenko, Sergiy Boyko*

## STUDY PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD COMPOSITES

*Проведено систематизацію й аналіз сучасних технологій виготовлення деревинних композитних матеріалів. Визначено загальні підходи до вимірювання основних фізико-механічних властивостей деревинних композитів. Запропоновано формули для визначення границі міцності і модуля пружності деревинних композитних матеріалів.*

**Ключові слова:** *деревинні композиційні матеріали, фізико-механічні властивості, границя міцності, модуль пружності.*

*Бібл.: 6.*

*Проведена систематизация и анализ современных технологий изготовления древесных композитных материалов. Определены общие подходы к измерению основных физико-механических свойств древесных композитов. Предложены формулы для определения предела прочности и модуля упругости древесных композитных материалов.*

**Ключевые слова:** *древесные композиционные материалы, физико-механические свойства, предел прочности, модуль упругости.*

*Библ.: 6.*

*The systematization and analysis of modern technologies for production of wood composite materials was carried. The general approach to measuring the basic physical and mechanical properties of wood-based composites have been obtained. The formulas to determine the ultimate tensile strength and modulus of elasticity of composite wood materials are offered.*

**Key words:** *wood composite materials, physical and mechanical properties, ultimate tensile strength, modulus of elasticity.*

*Библ.: 6.*

**Постановка проблеми.** Виробництво деревинних плит – один із сегментів деревообробної галузі, який найбільш динамічно розвивається. Переробка деревинних відходів є одним з найбільш ефективних і раціональних напрямків ресурсозбереження та комплексного використання деревинної сировини, ефективною переробки більшості видів

деревних відходів і низькосортної деревини. Сталий розвиток виробництва деревинно-стружкових плит у нашій країні і за кордоном в останні роки пов'язаний зі зростанням попиту і споживання, насамперед з боку будівельної галузі і виробництва меблів. Однак деревинно-стружкові плити, що випускає вітчизняна промисловість, не завжди повною мірою відповідають вимогам споживачів, у першу чергу, за показниками міцності, водостійкості, токсичності. Тому актуальною є проблема сертифікації продукції деревооброблювального виробництва згідно зі стандартами ISO/IEC 17025 і ISO 9001/ISO 9002 [1]. Проведення сертифікації вимагає створення нових протоколів виробництва деревинних композитів і дослідження їх фізико-механічних властивостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Україні розроблення технологічних процесів виготовлення деревинних композитних матеріалів і дослідження їх властивостей активно здійснює наукова школа професора П. А. Бехти (Національний лісотехнічний університет України) [2]. Роботи щодо ресурсозберігаючих технологій перероблення низькосортної деревини в композити публікуються науковою школою професора О. О. Пінчевської (Національний університет біоресурсів і природокористування) [3]. Дослідженню личкованих стружкових плит присвячені роботи Л. М. Бойко і С. М. Кульмана [3]. Крім того, дослідження деревинних композитів проводять Remonini C., Hse Chung Yun, Угрюмов С. А. та інші.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Для отримання міцних і водостійких деревинно-стружкових плит часто використовують фенолоформальдегідні смоли, проте у разі їх використання в умовах зі змінними температурою і вологістю відбувається розбухання, знижується міцність і цілісність конструкцій з цих матеріалів. Одним з ефективних напрямків отримання деревостружкових плит з цілеспрямованим комплексом властивостей є застосування у процесі їх виготовлення альтернативних клеїв або модифікованих клейових складів. Методик дослідження фізико-механічних властивостей таких композитів немає.

**Мета статті.** Провести систематизацію і аналіз новітніх методів виготовлення деревинних композитних матеріалів і запропонувати методику дослідження їх фізико-механічних властивостей.

**Виклад основного матеріалу.** Основними методами оцінювання відповідності продукції, що сертифікується, вимогам нормативних документів вважаються:

1. Вимірювання. Мета методу – визначення значення параметра (величини) і того, наскільки близькі отримані результати вимірювання дійсному значенню. Показники точності визначаються допустимою похибкою вимірювань.

2. Випробування. Мета методу – аналогічна меті вимірювання, тільки при заданих факторах і режимах, які визначають значення параметра (величини) і того, наскільки близькі отримані результати вимірювання дійсному значенню при заданих факторах і режимах випробувань. Показник точності визначається сумою похибок факторів, режиму і вимірювань.

3. Контроль. Мета методу – встановлення того, що параметр (величина) при заданих факторах і режимах випробування знаходиться в межах заданого допуску, а також того факту, що ступінь достовірності знаходження величини (параметра) не виходить за допустимі межі. Показник точності визначається ймовірністю помилок I і II роду з урахуванням похибки вимірювань.

Особливості застосування кожного з цих методів, у першу чергу, визначаються завданнями, які покликані вирішувати випробувальна лабораторія у процесі сертифікації продукції.

Завдання сертифікаційних випробувань – отримання якісних або кількісних характеристик продукції, тобто проведення оцінювання здатності продукції, що сертифікується, виконувати покладені на неї функції в заданих умовах.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Завдання контролю – встановити, чи відповідають характеристики продукції величинам, що задані в нормативних документах (і за результатами випробувань у тому числі) [1].

Останнім часом як модифікатор фенолоформальдегідних смол ефективно застосовують олігомери фуранового ряду. У твердому стані вони мають підвищену міцність, водостійкість, хімічну стійкість, теплостійкість. Завдяки малій величині поверхневого натягу і малої в'язкості фуранові олігомери легко просочують деревину, заповнюючи порожнини клітин і проникаючи у клітинні стінки деревини, підвищуючи таким чином водо- і вологостійкість, міцність, опір займання [4].

Одним з можливих способів отримання деревинних композитів із заданим комплексом властивостей є їх модифікація, здатна збільшити їх біостійкість, пластичність, швидкість і ступінь затвердіння, знизити токсичність. Модифікація сполучного дозволяє забезпечити плитному матеріалу новий комплекс властивостей, що підвищують конкурентоспроможність продукції. Не тільки модифікуюча добавка може вплинути на поліпшення властивостей клейового складу, але і різні наповнювачі. При правильному виборі всіх цих компонентів можна значно поліпшити властивості клеїв, а також знизити їх собівартість і збільшити продуктивність основного обладнання.

Нині найбільш ефективними є наповнювачі і модифікатори фенолоформальдегідних смол. Як прискорювач затвердіння фенолоформальдегідних смол можуть використовуватися параформ, уротропін, суміш водних розчинів сірчанокислового амонію і гідроксиду натрію. Як наповнювач можуть використовуватися алкілрезорцин, полівінілбутіроль і каучук. Ці наповнювачі сприяють підвищенню еластичності клею, а також його вібростійкості і теплостійкості. Для підвищення водостійкості, скорочення часу затвердіння і зниження токсичності можуть використовуватися алюмосилікати. Модифікатором, що скорочують час затвердіння і температуру пресування, є мікрокремнезем. Для зниження токсичності смол і скорочення часу пресування може використовуватися поліакрилова кислота лінійної структури.

Модифікаторами, що підвищують еластичність клейового шару, є латекси або полівінілацетатна емульсія. Модифікаторами, що підвищують водостійкість і міцність клейового з'єднання, є резорцин або меламін. Модифікація синтетичних смол може проводитися хімічним або фізичним способами. Хімічна модифікація сприяє підвищенню властивостей клеїв, при даній модифікації у клейовий склад вводяться різні добавки, здатні змінювати хімічні, адгезійні, когезійні, еластичні й інші властивості. Як добавка також можуть використовуватися й інші види смол (як правило, синтетичних), які використовуються для виробництва різних деревинно-плитних матеріалів та інших клеєних деревних матеріалів.

Хімічно модифікувати фенолоформальдегідні смоли можна за допомогою етерифікації фенольних, метілольних і гідроксильних груп кислотами і похідними кислот. Методом етерифікації фенолоформальдегідних смол новолачного типу епіхлоргідриду отримують поліфункціональні епоксидні смоли. Крім цього, фенолформальдегідні смоли етерифікування галоген-похідними вуглеводнів і хлорціану. Як вихідні мономерні речовини (добавки) у процесі синтезу фенолоформальдегідних смол застосовуються аміді (Анілін, меламін, карбамід, капролактамі), а також активні розчинники, мономери і (або) олігомери на основі сірки, фосфору, кремнію, бору.

Зменшення частки фенолу у процесі синтезу фенольних смол і заміна частини його на анілін підвищує діелектричні властивості і водостійкість резольних смол. Фенолоформальдегідні смоли, модифіковані фуріловим спиртом, стають більш стійкі до дії кислот, лугів та інших хімікатів. Добавка резорцина до фенолу у процесі синтезу смол дозволяє знизити температуру затвердіння смол і покращує їх адгезійні властивості.

Фізична модифікація передбачає застосування фізичних і фізико-механічних методів теплового впливу на сполучні склади, різних видів випромінювання, вібрації, впливу фізичних полів (ультразвукових, електричних і ін.).

З метою підвищення якості склеювання деревних частинок без значного просочення клеєм поверхневих шарів деревини і збільшення адгезійних зв'язків необхідно підвищення в'язкості клейового складу.

Для підвищення в'язкості фенолоформальдегідних смол гарячого методу затвердіння, використовується крейда в кількості 3–12 масових часток, деревне або пшеничне технічне борошно в кількості 3–6 масових часток, уротропін (3,5 мас. ч.). Ці наповнювачі надають клею потрібну в'язкість, липкість і забезпечують підвищення якості клейового шва.

До фенолоформальдегідних смол можуть додаватися відходи целюлозно-паперової промисловості – лігнін, який за хімічною структурою подібний до фенольної сировини. Використання лігніну приводить до зниження вартості готового клею, перш за все, за рахунок альтернативної заміни дорогого гідроксибензол у синтезі фенолоформальдегідних смол на більш дешеву фенольну сировину.

Щорічні обсяги заготівлі та переробки деревини зростають, що робить завдання утилізації відходів ще більш гострою.

Використання технічних лігнінів зумовлено, у першу чергу, екологічної доцільністю за рахунок відсутності шкідливих попутних продуктів. Наукові та практичні дослідження у сфері хімічної переробки лігніну здійснюються за двома позиціями: розроблення способів модифікації лігнінового препаратів і введення в макромолекулу лігніну фрагментів, а також деструкції високомолекулярних структур до низькомолекулярних з'єднань.

Відомий спосіб виробництва клею, заснований на поєднанні фенолоформальдегідної смоли з модифікатором (лігніном) у присутності розчинника. Відомий спосіб отримання клею на основі поєднання олігомера, отриманого в результаті конденсації фенолу з формальдегідом, з використанням у ролі модифікатора лігніну, затверджувача і розчинника, але ці сполучні є недостатньо водостійкими. Відомий спосіб виробництва модифікованих фенолоформальдегідних смол, заснований на конденсації фенолу з формальдегідом з введенням у реакційну суміш лігніну. Для підвищення водостійкості одержуваної смоли в реакційну суміш вводять кубовий залишок виробництва іметилтерефталату. При цьому знижується вміст вільного фенолу в середньому до 20 %, водостійкість клею підвищується на 30–50 %, що зумовлено як хімічною взаємодією карбонових кислот кубового залишку з фенолом, так і наявністю смолистих речовин і фталатів у його складі, які сприяють збільшенню клейових показників одержуваного сполучного, а також його водостійкості.

Також при модифікації фенольних смол можуть використовуватися лігносульфонати – нелінійні полімери, макромолекули яких мають тривимірну, сплетену в сітку структуру [4].

Пошук шляхів раціонального використання різних деревних відходів, у тому числі частинок з ознаками гниття, залишається актуальним.

Основним напрямком раціонального використання відходів деревини є отримання деревинних композиційних матеріалів – деревинних пластиків.

Нині деревинні пластики з використанням подрібненого деревного наповнювача виготовляють з обов'язковим додаванням сполучника на основі карбамідо-, меламіно- або фенолформальдегідних олігомерів. Це підвищує вартість виробів і погіршує санітарно-гігієнічні показники готової продукції. Крім того, виробництво деревинних пластиків з додаванням синтетичних сполучних екологічно небезпечно.

Виготовлення виробів на основі деревних відходів без додавання сполучника має переваги з позицій санітарно-гігієнічних і екологічних вимог. Однак розроблені в наш

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

час способи отримання деревних пластиків без додавання сполучника методом плоского пресування у відкритих і напівзакритих прес-формах мають певні недоліки: низька продуктивність, висока собівартість і ін.

Одне з вирішень цієї проблеми – використання екструзійних методів. Простота технології, невисокі вимоги до сировини в поєднанні з невеликими капітальними витратами забезпечили поширення цих методів. Екструзійна технологія дозволяє отримувати як суцільні, так і пустотні плити. Крім плит, можна виготовляти бруси, труби та інші профільні погонажні вироби. Технологія екструзії виключає таку складну операцію, як формування стружкового килима. Виготовлення виробів екструзійним методом забезпечує реальне зниження їх матеріаломісткості [5].

Незалежно від технології виготовлення деревинних композитних матеріалів границя міцності в МПа визначається за формулою:

$$\sigma_i = \frac{3Fl}{2bh^2},$$

де  $F$  – сила навантаження, що діє на зразок у момент руйнування, Н;

$l$  – відстань між опорами випробувального пристрою, мм;

$b$  – ширина зразка, мм;

$h$  – товщина зразка, мм.

Модуль пружності при згині в МПа визначають за формулою:

$$E_i = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{4bh^3(S_2 - S_1)},$$

де  $F_2 - F_1$  – фіксований приріст навантаження Н;

$S_2 - S_1$  – приріст прогину, відповідне фіксованому збільшенню навантаження, що визначається за графіком з точністю до 0,1 мм.

Дослідження проводяться на випробувальному пристрою, що складається з двох паралельних горизонтальних опор з циліндричною поверхнею, які можна переміщати в горизонтальній площині, і ножа з циліндричною поверхнею, що розташований паралельно опорам на рівній відстані від них і переміщається у вертикальній площині відносно опор під час руху навантажувального елемента випробувальної машини.

Довжина опор і ножа повинна бути рівною ширині зразка або перевищувати її.

Радіуси циліндричної частини опор і ножа повинні бути рівні відповідно  $(7,5 \pm 0,5)$  мм і  $(15 \pm 0,5)$  мм. На опорах повинні бути нанесені позначки для установки зразків по центру опор. Індикатор для вимірювання прогину повинен мати похибку вимірювання переміщення не більше 0,01 мм [6].

**Висновки і пропозиції.** У сучасних умовах все більшого значення набувають завдання підвищення фізико-механічних властивостей і екологічних характеристик деревинних композитних матеріалів, що передбачає вдосконалення технології їх виготовлення, у тому числі з використанням низькоякісної деревини. Вітчизняними і світовими вченими розробляються новітні технології виготовлення деревинних композитів. Але незалежно від методу отримання композиту можуть бути застосовані єдині підходи до визначення їх фізико-механічних властивостей.

#### Список використаних джерел

1. *Єрошенко А. М.* Особливості сертифікації продукції деревооброблювального виробництва / А. М. Єрошенко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2011. – № 4 (53). – С. 257–261.
2. *Бехта Павло Антонович* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://tdkm.nltu.edu.ua/kolektyv/bekhta.php>.
3. *Кафедра технології деревообробки.* Науково-дослідна робота [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://nubip.edu.ua/node/1163/2>.

4. Угрюмов С. А. Фурановые смолы в производстве клееных древесных материалов: монография / С. А. Угрюмов. – Кострома : КГТУ, 2012. – 142 с.
5. Исследование физико-механических свойств древесных пластиков, полученных методом экструзии / А. В. Артемов, В. Г. Бурындин, В. В. Глухих, В. Г. Дедюхин // Лесной журнал. – 2009. – № 6. – С. 101–106.
6. ГОСТ 10635-88. Плиты древесностружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе.

**Єрошенко Андрій Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Ерошенко Андрей Михайлович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологий машиностроения и деревообработки, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Yeroshenko Andriy** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Mechanical Engineering and Wood Technology Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** yeroshenkoam@gmail.com

**Бойко Сергій Васильович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Бойко Сергей Васильевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологий машиностроения и деревообработки, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Boyko Sergiy** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Mechanical Engineering and Wood Technology Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** svboyko.cstu@gmail.com

УДК 635.25/.26:631.563

*Ірина Соломаха, Альона Жабинська*

## **ВПЛИВ МЕТОДІВ ЗБЕРІГАННЯ НА ЯКІСТЬ ЦИБУЛЕВИХ ОВОЧІВ**

*Ірина Соломаха, Алёна Жабинская*

## **ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ХРАНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЛУКОВЫХ ОВОЩЕЙ**

*Iryna Solomakha, Alona Zhabynska*

## **IMPACT OF STORAGE METHODS ON QUALITY OF BULBOUS ROOT VEGETABLES**

*У роботі наведено результати досліджень по зберіганню цибулевих овочів у різних пакувальних матеріалах, при різних температурних режимах.*

**Ключові слова:** цибулеві овочі, лежкість, скорочення кількісних і якісних втрат під час зберігання, парафін.

*Рис.: 1. Табл.: 6. Бібл.: 11.*

*В работе приведены результаты исследований по хранению луковых овощей в разных упаковочных материалах, при разных температурных режимах.*

**Ключевые слова:** луковые овощи, лежкость, сокращение количественных и качественных потерь при хранении, парафин.

*Рис.: 1. Табл.: 6. Библ.: 11.*

*The results of research of storage features of bulbous root vegetables in different packaging materials at different temperatures are presented in the paper.*

**Key words:** bulbous root vegetables, storability, the reduction of the quantitative and qualitative losses during storage, paraffin.

*Fig.: 1. Tabl.: 6. Bibl.: 11.*

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах агропромислового виробництва України постає пріоритетним експортноорієнтованим сектором національної економіки, розвиток якого значною мірою визначається стратегічними векторами імплементації вітчизняного комплексу в європейський простір. Високоєфективна аграрна галузь та переробна промисловість формують потужну основу забезпечення продовольчої безпеки



країни, є гарантом підвищення рівня якості життя населення та розвитку сільських територій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Безпосередньо технології вирощування цибулевих овочів досліджували такі вітчизняні науковці, як: О. М. Гончаров [1], І. М. Гордієнко [2], Л. І. Капустіна, Р. Г. Мельник, М. І. Губар [3] та інші.

Вагомий внесок у дослідження зберігання цибулевих овочів здійснили такі вітчизняні науковці, як: О. М. Біленька [4], В. А. Колтунов [5], Г. І. Подпрятков, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич [6], З. Д. Сич, І. О. Федосій [7], Г. Бондаренко, О. Віганов, Ю. Зелендін [8].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Виробництво цибулевих овочів є традиційним напрямком діяльності для України та всіх без винятку її регіонів і для цього є всі необхідні умови. Водночас, у зв'язку з недостатньою увагою з боку держави до підтримки інноваційного високоврожайного вітчизняного виробництва, відсутність сучасних сховищ для зберігання, дефіцит цибулевих овочів заміщується імпортом, що призводить, з одного боку, до відтоку вітчизняного капіталу, з іншого – знижує потенціал національних виробників.

**Мета статті.** Головною метою статті є дослідження впливу різних методів зберігання на якість цибулі ріпчастої та часнику.

**Виклад основного матеріалу.** Зберігання, як один з етапів руху товару від виробника до споживача, забезпечує кількісне та якісне зберігання товару з мінімальними втратами, а також безперервне постачання продукту населенню. Кінцевий результат ефективного зберігання товарів – збереження їх без втрат або з мінімальними втратами протягом заздалегідь обумовленого терміну. Показниками збереженості є: вихід стандартної продукції, розмір втрат та термін зберігання. Вихід стандартної продукції і втрати пов'язані обернено пропорційною залежністю, тобто чим більші втрати, тим менший вихід стандартної продукції. Обидва показники збереженості залежать від умов і термінів зберігання.

Як об'єкт зберігання цибулина – це плід із вкороченим стеблом (денце) та прикріпленими до нього соковитими й сухими лусками (останні захищають цибулину від висихання). У гострих сортів цибулі сухі, луски закриті, у солодких – відкриті. Цибуля гострих сортів має тривалий період спокою і добру лежкість. Напівсолодкі й солодкі сорти – малозачаткові, генеративний розвиток їх відбувається швидше, тому вони мають менший період спокою і гіршу лежкість. У цибулин одно- чи дворічної культури добре виражений стан глибокого спокою. Його цибулина набуває у зв'язку зі зменшенням світлового дня наприкінці літа, зміною спектра сонячних променів та зниженням температури повітря. Стан спокою розглядається як блокування процесу поділу клітин, зумовлене зниженням інтенсивності фізіолого-біохімічних процесів, зміною стану протоплазми та обміну речовин у клітинах, що приводить до різкого зниження вмісту нуклеїнових кислот, амінокислот, ауксинів, вітамінів групи В, які беруть участь у поділі клітин. У період спокою відбуваються фізіологічні та морфологічні процеси, завершується формування генеративних органів ( $t=2-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) у точках росту. При температурі вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  диференціація клітин здійснюється повільно, а при  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  – не відбувається. Отже, найкращими є режими зберігання цибулі при температурі мінус  $1-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а насінної – при  $2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Лежкість продукції – здатність або біологічна властивість овочів зберігатися протягом певного часу при оптимальних режимах зберігання без значних втрат маси, ушкодження фітопатогенними мікроорганізмами і фізіологічними розладами, погіршення товарних, харчових і насінневих якостей. Кількісно лежкість виражається максимальним терміном зберігання у днях або місяцях за оптимальних умов вирощування та зберігання.

Збереженість продукції – прояв лежкості овочів в умовах конкретного сезону, зони вирощування, рівня агротехніки, технології та режиму зберігання; характеризується величиною втрат продукції і ступенем зміни якісних показників за період зберігання.

Так, особливістю цибулевих культур є те, що вони мають паростки – так звані точки зростання, які у процесі зберігання повільно готуються до подальшого репродуктивного розвитку. Таким чином, з моменту настання біологічної зрілості і до початку вегетації (тобто саме у процесі зберігання) цибулеві овочі перебувають у стані глибокого спокою, і не проростають протягом тривалого періоду, навіть у тих випадках, коли навколишнє середовище ідеально підходить для цього.


Результати зберігання цибулевих овочів, як живих об'єктів, багато в чому визначаються їх біохімічними особливостями. Біохімічні процеси активізуються лише через певний для кожного виду і сорту період зберігання. Закінчення періоду спокою характеризується різким підйомом інтенсивності дихання й окислювально-відновних процесів, переміщенням поживних речовин до росткових точок, біосинтезом нових фізіологічно-активних речовин. Іншим, не менш важливим процесом, що відбувається в цибулевих овочах після збору, є випаровування вологи. З випаровуванням вологи пов'язано не тільки зниження маси овочів, але і в'янення, яке знижує здатність до зберігання, поживну цінність та погіршує товарний вигляд продукції.

Скорочення кількісних і якісних втрат під час зберігання овочевої продукції є однією з найважливіших проблем. Вирішення цієї проблеми можливе при використанні прогресивних способів зберігання цибулевих овочів. Одним з таких способів є застосування парафінових покриттів. Ефект такого оброблення досягається в результаті знезараження поверхні цибулин у процесі парафінування від повторного зараження мікроорганізмами. Одночасно знижується або зовсім зупиняється випаровування вологи. За рахунок підвищення вмісту CO<sub>2</sub>, знижується інтенсивність дихання і втрата поживних речовин, що створює можливість зберігати часник та ріпчасту цибулю 7–9 місяців при мінімальних природних втратах вологи [9].



Оскільки зберігання і лежкість цибулевих овочів значно впливають на строки реалізації продукції, то актуальним стало дослідження впливу різних методів зберігання цибулі і часнику на якість продукції. Для проведення експерименту були відібрані зразки ботанічних сортів цибулевих овочів, які представлені в табл. 1.

Таблиця 1

*Характеристика досліджуваних ботанічних сортів цибулевих овочів*

Сорт	Характеристика сорту	Лежкість	Місце закупівлі
1	2	3	4
часник озимий <i>Герман</i>	Середньостиглий, стрілкуючий, врожайність у присадибному господарстві 1,2 кг/м <sup>2</sup>	Зимостійкий, висока лежкість (90 % за 8 місяців зберігання)	власного вирощування (відкритий ґрунт)
часник озимий <i>Надійний</i>	Середньостиглий, стрілкуючий, врожайність у присадибному господарстві 1,2 кг/м <sup>2</sup>	Зимостійкий, висока лежкість (80 % за 11 місяців зберігання)	власного вирощування (відкритий ґрунт)
цибуля ріпчаста гостра «Любчик» 	Гострий, середньостиглий, вегетаційний період 106–110 днів. Урожайність до 40 т/га (4 кг/м <sup>2</sup> ). Цибулина має оригінальну сигароподібну форму, індекс форми становить 2,4–2,5. Цибулина малозачаткова (1-2), масою 100–150 г	Зимостійкий, висока лежкість, за 7 місяців зберігання вихід здорових цибулин досягає 98 %	власного вирощування (відкритий ґрунт)

Закінчення табл. 1

1	2	3	4
цибуля ріпчаста напівгостра «Луганська» 	Врожайність 2,0–4,1 кг /м <sup>2</sup> . Малогніздовий пізньостиглий сорт. Цибулини щільні, округлі, округло-плоскі і овальні. Маса цибулини 71-146 г. Зовнішні сухі луски жовті з коричневим відтінком і світло-жовті	Зимостійкий, висока лежкість, за 7 місяців зберігання вихід здорових цибулин досягає 82–91 %	придбаний в роздрібній торговельній мережі – супермаркеті «Сільпо», м. Чернівці
цибуля напівгостра «Брауншвейська» 	Середньоранній сорт. Вегетаційний період від сходів до масового вилягання листя 90–100 днів. Цибулина округла, велика, масою 140–180 г, напівгострого смаку, гарних смакових якостей. Забарвлення луски червоного кольору	Строк зберігання 3–4 місяці	власного вирощування (відкритий ґрунт)

Враховуючи період досліду (вересень 2013 р. – березень 2014 р.), всі зразки цибулевих овочів були поміщені в режим штучного охолодження при температурі +3 °С та вологості 65–70 %. Для довгострокового зберігання цибулевих овочів були вибрані такі пакувальні матеріали:

- для часнику – парафінування і сітка для овочів; шар кухонної солі і картонна коробка;
- для цибулі – парафінування і сітка для овочів; сітка для овочів; картонна коробка; пакет з щільного поліетилену.

Для підвищення точності експерименту, на зберігання були відібрані по п'ять цибулин приблизно одного розміру кожного ботанічного сорту для кожного виду пакувальних матеріалів. Розрахунки проводили за середнім зразком.

У ході експерименту досліджувалися зміни найбільшого поперечного діаметра, а також природні втрати маси. Отже, за період проведення досліду, а саме: з 1 вересня 2013 р. по 1 квітня 2014 р., незначні зміни в поперечному діаметрі відбулися в часнику озимому та цибулі «Любчик» при всіх умовах зберігання, всі ж інші досліджувані зразки залишилися без змін. Найбільший відсоток природних втрат маси, при всіх умовах зберігання, мали зразки напівгострої цибулі «Брауншвейська», у яких у період зберігання з'явилися корінці. Найменші втрати маси мала гостра цибуля «Любчик», яка була оброблена парафіном і зберігалася в сітці для овочів. Добре зарекомендували себе зразки парафінованого часнику, які в порівнянні з часником, що зберігався в кухонній солі, мали незначний відсоток втрати маси та діаметра протягом досліджуваного періоду зберігання (табл. 2, рис. 1).

## Зміни маси цибулин часнику та цибулі в процесі зберігання в різних пакувальних матеріалах

№ середнього зразка	Вид упакування	Назва сорту цибулі ріпчастої чи часнику	Маса, г									Втрати маси при зберіганні (вересень–березень), %	Зміни зовнішнього вигляду
			без парафіну 01.09. 2013	01.09. 2013	01.10. 2013	01.11. 2013	01.12. 2013	01.01. 2014	01.02. 2014.	01.03. 2014	01.04. 2014		
<b>Часник озимий</b>													
1.1	Парафін	«Герман»	11,29 (+4,03%)	11,75	11,61	11,55	11,41	11,33	11,24	11,18	11,13	5,28	без змін
1.2		«Надійний»	13,58 (+4,05%)	14,13	13,98	13,85	13,69	13,62	13,40	13,23	13,17	6,79	без змін
2.1	Кухонна сіль	«Герман»	X	13,86	13,59	13,36	13,18	13,09	12,88	12,73	12,66	8,6	без змін
2.2		«Надійний»	X	15,95	15,63	15,36	15,17	14,99	14,80	14,63	14,47	9,3	без змін
	Норма природних втрат маси,%				1,9	1,7	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	8,8	
<b>Цибуля</b>													
1.1	Парафін, сітка для овочів	гостра «Любчик»	73,21 (+4,71%)	76,66	76,49	75,41	74,43	74,37	73,62	72,89	72,17	5,86	без змін
1.2		напівгостра «Луганська»	76,25 (+4,90%)	79,99	78,95	77,92	76,98	76,14	75,49	74,84	74,46	6,91	без змін
1.3		напівгостра «Браунівейська»	74,25 (+4,52%)	77,61	76,41	75,86	74,01	73,60	73,05	72,48	71,67	7,65	без змін
2.1	Сітка для овочів	гостра «Любчик»	X	81,70	80,83	80,01	79,37	78,64	77,97	77,41	76,12	6,83	без змін
2.2		напівгостра «Луганська»	X	75,18	74,58	73,87	73,18	72,54	71,89	70,41	69,23	7,91	без змін
2.3		напівгостра «Браунівейська»	X	73,58	72,99	72,26	71,73	70,01	68,87	67,12	65,34	11,20	з'явилися зародки корінців
3.1	Картонна коробка	гостра «Любчик»	X	76,36	75,89	75,11	74,26	73,53	72,66	71,80	70,93	7,11	без змін
3.2		напівгостра «Луганська»	X	80,01	79,17	78,39	77,29	76,78	75,55	74,29	73,13	8,6	без змін
3.3		напівгостра «Браунівейська»	X	74,85	73,71	72,50	70,78	68,52	67,12	65,41	64,96	13,21	з'явилися зародки корінців
4.1	Пакет з щільного поліетилену	гостра «Любчик»	X	78,89	78,13	77,58	76,87	76,01	75,23	74,66	73,76	6,50	без змін
4.2		напівгостра «Луганська»	X	85,14	84,03	83,27	82,34	81,68	80,89	79,79	79,12	7,07	без змін
4.3		напівгостра «Браунівейська»	X	88,75	87,61	86,47	85,11	83,64	81,52	78,44	76,13	14,22	з'явилися зародки корінців
	Норма природних втрат маси,%				1,6	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	7,1	

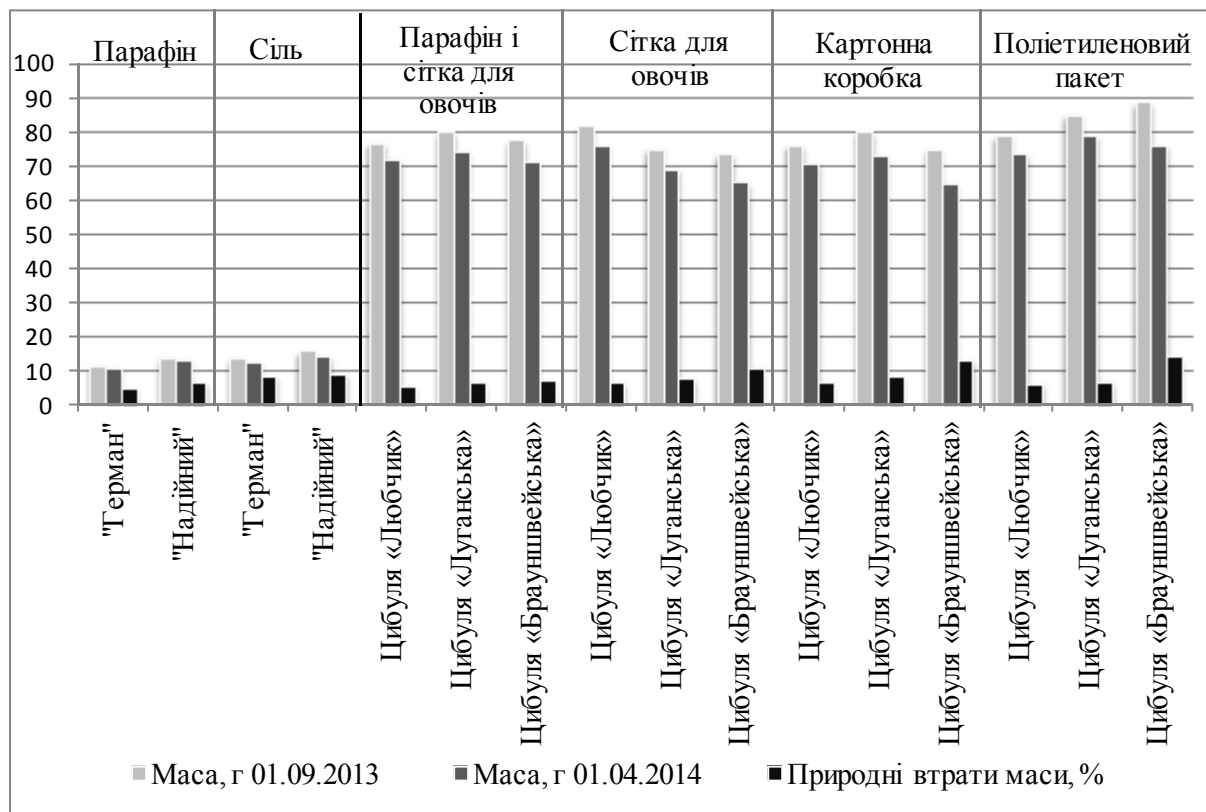


Рис. 1. Природні втрати маси досліджуваних зразків протягом всього періоду зберігання

Аналізуючи результати експерименту, можна зробити висновок, що найкращу лежкість має цибуля ріпчаста гостра «Любчик» у різних видах пакувальних матеріалів, природні втрати якої коливаються від 5,86 % (у парафіні) до 7,11 % (у картонній коробці).

Дослідження показали, що оброблені парафіном зразки цибулевих овочів мають гарні естетичні властивості, довший термін зберігання без істотних структурних змін. Проте розрахунки витрат на вартість парафіну для оброблення цибулі та часнику і доходів від зниження природних втрат під час їх зберігання показали, що цей метод ефективно використовувати тільки для зберігання часнику. Тобто частка парафіну в 1 кг цибулин для цибулі «Любчик» становить 4,71 %, відповідно 47,1 г. Врахувавши вартість парафіну, витрати на парафінування (без вартості роботи) становлять 4,00 грн/кг (85,00·4,71:100=4,0035). Врахувавши динаміку цін на цибулю, витрати на парафінування та природні втрати, ефект парафінування буде становити +1,82 грн/кг за 7 місяців (9,00–3,00–4,00–0,18=1,82 грн/кг).

Аналогічно розраховуємо показники для часнику (табл. 3, 4) [10].

Таблиця 3

Ефективність використання парафінування

Ботанічний сорт цибулевих овочів	Частка парафіну у масі цибулин	Частка парафіну у 1 кг цибулин	Вартість з ПДВ 1 кг парафіну	Витрати на парафінування 1 кг цибулин	Природні втрати маси 1 кг цибулин		Динаміка цін 01.09.13–14.04.14	Ефект парафінування
	%	г	грн	грн.	%	грн	грн.	грн
Цибуля ріпчаста «Любчик»	4,71	47,1	85,00	-4,00	5,86	-0,18	+ 6,00	+ 1,82
Часник «Герман»	4,03	40,3	85,00	-3,425	5,28	-0,79	+ 14,00	+ 9,78
Часник «Надійний»	4,05	40,5	85,00	-3,44	6,79	-1,02	+ 14,00	+ 9,54

Динаміка цін на цибулеві на ОРСП Столичний, грн/кг

Цибулеві	вересень 2013	14.02.2014	14.03.2014	14.04.14
Цибуля	3,00	5,50	6,00	9,00
Часник	15,00	20,00	21,00	29,00

У 2015 році було продовжено дослідження впливу різних умов зберігання парафінованого часнику на його якість. Для проведення експерименту були відібрані зразки часнику озимого, які були закладені на зберігання в температурних режимах: +3 °С, +5 °С, +22 °С. Як пакування вибрані такі матеріали: сіль і картонна коробка, овочева сітка, пісок і картонна коробка. В 2015 році через несприятливі погодні умови під час вирощування природні втрати маси парафінованого часнику становили більше 25 % від загального обсягу, що значно більше нормативів (табл. 6). Внаслідок чого ефект від зберігання парафінованого часнику в умовах штучного охолодження при температурі +3 °С становив лише +0,61 грн (табл. 5) [11].

Таблиця 5

Ефективність використання парафінування часнику в 2015 році

Частка парафіну у масі цибулин	Частка парафіну у 1 кг цибулин	Вартість з ПДВ 1 кг парафіну	Витрати на парафінування 1 кг цибулин	Природні втрати маси 1 кг цибулин		Динаміка цін 20.10.2014-20.02.2015	Ефект парафінування
				%	грн		
8,01	80,1	104,00	-8,33	55,31	-11,06	+20,00	+0,61

Таблиця 6

Результати дослідження парафінування часнику

№	Умови зберігання	Маса, г						Втрати маси		
		без парафіну	20.10.2014 з парафіном	20.11.2014	20.12.2014	20.01.2015	20.02.2015	г	%	
1.1	штучне охолодження, t+3	сіль і картонна коробка	32,78	33,83	33,07	31,90	30,65	29,60	4,23	12,50
1.2		сіль і картонна коробка	48,87	49,82	48,71	45,23	40,66	37,74	12,08	24,25
1.3		овочева сітка	44,11	45,67	44,67	42,67	40,38	39,02	6,65	14,56
1.4		овочева сітка	45,61	46,59	45,89	42,31	37,97	35,63	10,96	23,52
1.5		картонна коробка і пісок	35,33	36,30	35,44	33,95	32,15	30,73	5,57	15,34
1.6		картонна коробка і пісок	29,09	30,10	29,49	28,58	27,47	26,62	3,48	11,56
2.1	штучне охолодження, t+5	сіль і картонна коробка	45,87	46,72	45,08	41,72	38,32	34,88	11,84	25,34
2.2		сіль і картонна коробка	41,85	42,90	41,86	40,07	38,10	36,51	6,39	14,90
2.3		овочева сітка	42,8	43,99	42,41	38,81	35,34	32,47	11,52	26,19
2.4		овочева сітка	34,07	35,14	34,21	32,82	31,32	29,96	5,18	14,74
2.5		картонна коробка і пісок	45,26	46,28	44,80	42,03	39,05	36,35	9,93	21,46
2.6		картонна коробка і пісок	31,36	32,43	31,56	30,08	28,56	27,28	5,15	15,88
3.1	кімнатна температура	сіль і картонна коробка	36,36	37,05	34,02	30,77	27,80	24,62	12,43	33,55
3.2		сіль і картонна коробка	40,72	41,40	39,62	36,86	33,78	31,18	10,22	24,69
3.3		овочева сітка	39,64	40,68	39,28	36,64	32,66	28,20	12,48	30,68
3.4		овочева сітка	40,64	41,44	39,28	35,67	30,34	22,92	18,52	44,69
3.5		картонна коробка і пісок	39,45	40,43	36,76	33,23	29,32	25,21	15,22	37,65
3.6		картонна коробка і пісок	45,07	46,20	43,12	34,61	17,74	10,12	36,08	78,10

**Висновки і пропозиції.** Оброблені парафіном зразки цибулевих овочів мають гарні естетичні властивості, довший термін зберігання без істотних структурних змін. Проте

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

метод парафінування доцільно використовувати тільки для зберігання часнику, при якому строк зберігання можна продовжити до 9–10 місяців та отримати додатковий економічний ефект (за інших рівних умов), який згідно з проведеними дослідженнями за 7 місяців (вересень–березень) становив 9,78 грн/кг для часнику «Герман» і 9,54 грн/кг для сорту «Надійний».

**Список використаних джерел**

1. Гончаров О. М. Сорт – важливий елемент технології вирощування часнику [Електронний ресурс] / О.М. Гончаров. – Режим доступу : <http://www.ovoch.com/files/59.pdf>.
2. Гордієнко І. М. Якість і конкурентоспроможність сортів і гібридів цибулі ріпчастої [Електронний ресурс] / І. М. Гордієнко. – Режим доступу : <http://www.ovoch.com/files/59.pdf>.
3. Капустіна Л. І. Новий сорт озимого часнику [Електронний ресурс] / Л. І. Капустіна, Р. Г. Мельник, М. І. Губар. – Режим доступу : <http://www.ovoch.com/files/60.pdf>.
4. Біленька О. М. Вихідний матеріал в селекції цибулі ріпчастої на лежкість [Електронний ресурс] / О. М. Біленька. – Режим доступу : <http://www.ovoch.com/publ.html> <http://www.ovoch.com/files/58.pdf>.
5. Колтунов В. А. Якість і конкурентоспроможність сортів і гібридів цибулі ріпчастої [Електронний ресурс] / В. А. Колтунов, І. М. Гордієнко. – Режим доступу : <http://www.ovoch.com/files/59.pdf>.
6. Зберігання і переробка продукції рослинництва : навч. посіб. / Г. І. Подпратов, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. – К. : Мета, 2002. – 495 с.
7. Сич З. Д. Післязбиральні технології доробки овочів для логістики і маркетингу [Електронний ресурс] / З. Д. Сич, І. О. Федосій, Г. І. Подпратов. – Режим доступу : [http://www.agromage.com/stat\\_id.php?id=779](http://www.agromage.com/stat_id.php?id=779).
8. Бондаренко Г. Вплив агротехнічних прийомів вирощування на лежкість цибулі [Електронний ресурс] / Г. Бондаренко, О. Віганов, Ю. Зелендін. – Режим доступу : [irbis-nbuv.gov.ua](http://irbis-nbuv.gov.ua).
9. Иванова Т. Технология хранения плодов, ягод и овощей : учебное пособие / Т. Иванова, В. Житникова, Н. Левгерова. – Орел : ГТУ, 2009. – 203 с.
10. Жабинська А. В. Дослідження ринку цибулевих овочів та впливу методів зберігання на їх якість / А. В. Жабинська, І. В. Соломаха // Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі : Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених: тези доповідей. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2014. – С. 241–245.
11. Жабинська А. В. Дослідження ефективності вирощування ріпчастої цибулі на зелене перо в зимовий період / А. В. Жабинська, І. В. Соломаха // Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі : Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених: тези доповідей. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2015. – С. 222–224.

**Соломаха Ірина Володимирівна** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, експертизи, митної справи та торгівлі, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Соломаха Ірина Владимировна** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры товароведения, экспертизы, таможенного дела и торговли, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Solomakha Iryna** – PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity, Examination, Customs and Trade, Chernihiv National University of Technology (95, Shevchenko Str., Chernihiv, 14027, Ukraine).

**E-mail:** iveria60@mail.ru

**Жабинська Альона Валентинівна** – студентка магістратури кафедри товарознавства, експертизи, митної справи та торгівлі, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Жабинская Алёна Валентиновна** – студентка магистратуры кафедры товароведения, экспертизы, таможенного дела и торговли, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Zhabynska Alona** – Master Student of the Department of Commodity, Examination, Customs and Trade, Chernihiv National University of Technology (95, Shevchenko Str., Chernihiv, 14027, Ukraine).

**E-mail:** aly-zhabinskaya@yandex.ua

УДК 637.2–04/07

*Оксана Подковко, Галина Поліщук, Валентина Гурєєва***НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ СОЛОДКОВЕРШКОВОЇ  
МАСЛЯНОЇ ПАСТИ***Оксана Подковко, Галина Поліщук, Валентина Гурєєва***НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА СЛАДКОСЛИВОЧНОЙ  
МАСЛЯНОЙ ПАСТЫ***Oksana Podkovko, Halyna Polishchuk, Valentyna Gurieieva***SCIENTIFIC RATIONALE OF BUTTER PASTE COMPOSITION**

*Розроблено склад солодковершкової масляної пасты з масовою часткою жиру 42 % без наповнювачів. Науково обґрунтовано композицію жиророзчинних поверхнево-активних речовин, що складається з емульгаторів марок «Естер-А» та полігліцерол полірицинолеат 03 у кількостях 0,6 та 0,4 % відповідно. Обране співвідношення емульгаторів сприяє ефективному диспергуванню плазми, формуванню високої термостійкості та здатності структури масляної пасты утримувати вільний рідкий жир під час зберігання.*

**Ключові слова:** *масляна паста, жиророзчинні емульгатори, «Естер-А», полігліцерол полірицинолеат 03.*

*Рис.: 3. Табл.: 2. Бібл.: 8.*

*Разработан состав сладкосливочной масляной пасты с массовой долей жира 42 % без наполнителей. Научно обосновано композицию жирорастворимых поверхностно-активных веществ, которая состоит из эмульгаторов марок «Эстер-А» и полиглицерол полирицинолеат 03 в количествах 0,6 и 0,4 % соответственно. Избранное соотношение эмульгаторов способствует эффективному диспергированию плазмы, формированию высокой термоустойчивости и способности структуры масляной пасты удерживать свободный жидкий жир во время хранения.*

**Ключевые слова:** *масляная паста, жирорастворимые эмульгаторы, «Эстер-А», полиглицерол полирицинолеат 03.*

*Рис.: 3. Табл.: 2. Библ.: 8.*

*The composition of sweet cream butter paste with mass fraction of fat 42 % without fillers is developed. The composition of fat-soluble surfactants consisting of emulsifiers marks "Esther-A" and polyglycerol polyricinoleat 03 in quantities of 0.6 and 0.4 % respectively is scientific founded. The emulsifiers ratio promotes effective plasma dispersible, high heat resistance formations and abilities of butter paste structure to retain free liquid fat during storage.*

**Key words:** *butter paste, fat-soluble emulsifiers, "Esther-A", polyglycerol polyricinoleat cm03.*

*Fig.: 3. Tabl.:2. Bibl.: 8.*

**Постановка проблеми.** На сьогодні у сфері збалансованого харчування велику увагу приділяють розробленню та впровадженню високоякісної низькокалорійної продукції. Ці вимоги не стали винятком і для масложирових продуктів, зокрема вершкового масла. Однак розширення асортименту масла з урахуванням цих особливостей має певні обмеження:

- вміст молочного жиру повинен становити не менше 51 %;
- не рекомендовано використовувати немолочні інгредієнти;
- продукт повинен мати традиційне забарвлення і характерні структурно-механічні властивості.

Враховуючи вищевикладене, актуальним є створення нової групи продуктів – масляних паст, що являють собою молочні продукти емульсійно-жирового типу із масовою часткою жиру від 39 до 49 % включно. Масляні пасты виробляють із коров'ячого молока, молочних і (або) побічних продуктів його переробки завдяки додаванню стабілізаторів, емульгаторів та немолочних компонентів, які застосовують для максимального наближення показників якості паст до вершкового масла.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На кафедрі технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій під керівництвом проф. Т. О. Рашевської розроблено технологію масляних паст із функціональними рослинними харчовими добавками. На основі експериментальних досліджень доведено, що внесення насіння льону, інуліну, пектину, порошоків із буряка, моркви, банана, сиропів чорниці, калини, сироваткових білків до складу масляних паст сприяє покращенню їх органолептичних і фізико-хімічних показників [1, с. 85–94; 2, с. 385–390; 3, с. 297]. Науковці Всеросійського науково-дослідного інституту маслоробства і сиро-



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

робства протягом останніх років також активно розробляють нові види масляних паст. У результаті науково обґрунтовано склад і технології масляних паст з медом, какао, цикорієм, фруктово-ягідними, овочевими та грибними добавками, спеціями та прянощами, зеленню і приправами, а також з море- та м'ясопродуктами. До складу паст входять емульгатори (моно- та дигліцериди) і стабілізатори (желатин, альгінат натрію, карбоксиметилцелюлоза, натрієва сіль) або стабілізаційні системи («Хамульсіон QTWB та QNA», «Фланожен AFR», «Палсгаард 5232») [4, с. 35–37; 5, с. 10–12; 6, с. 37–39].

Ми розробили технологію солодковершкової масляної пасти жирністю 42 % без наповнювачів. Для забезпечення високих показників якості готового продукту як аналог вершкового масла запропоновано використовувати жиророзчинні емульгатори «Естер-А» та полігліцерол полірицинолеат 03 (НВП Електрогазохім, Україна). Обрані поверхнево-активні речовини мають слугувати свого роду затравкою під час кристалізації жиру за рахунок підвищення температури початкової кристалізації і збільшувати кількість твердої фази жиру. Емульгатори «Естер-А» та полігліцерол полірицинолеат 03 застосовують для підвищення пластичності низькожирних продуктів, зв'язування жирової та водної фаз, попереджування відділення вільної вологи та виникнення вад консистенції продукту, зниження окисних процесів під час зберігання. Вони є цілком безпечними для здоров'я людини, оскільки в організмі розщеплюються на природні, легко засвоювані компоненти: гліцерин, жирні кислоти, сахарозу, органічні кислоти (винну, лимонну, молочну, оцтову). Добова потреба для «Естер-А» не обмежена, для полігліцерол полірицинолеат 03 становить 7,5 мг/кг ваги тіла в день. Згідно з Codex Alimentarius загальна кількість емульгаторів у продуктів повинна становити не більше 15 г/кг. Масляна паста солодковершкова відповідає цим вимогам.

**Мета статті** – розробити склад солодковершкової масляної пасти без наповнювачів з високими споживчими характеристиками.

**Об'єкт дослідження** – модельні зразки солодковершкової масляної пасти з масовою часткою жиру 42 %. Еталоном слугували вершкове масло жирністю 63 % (ДСТУ 4445:2005), спред солодковершковий жирністю 61,5 % (ДСТУ 4442:2005), маргарин м'який низькокалорійний 40 % (ДСТУ 4330:2004).

Модельні зразки солодковершкової масляної пасти готували змішуванням жирової та водної фаз при температурі пастеризації суміші  $(76 \pm 2) ^\circ\text{C}$  та подальшим термомеханічним обробленням. Досліджено технологічну ефективність жиророзчинних емульгаторів «Естер-А» (ТУ У 22942814.011-2000) та полігліцерол полірицинолеату 03 (ТУ У 24.1-22942814.019-2002). Як водну фазу застосовували відновлене сухе знежирене молоко у питному молоці 1,0 % або маслянці. Готовий продукт зберігали при температурі  $+5 ^\circ\text{C}$  впродовж 15 діб.

**Методи досліджень.** Органолептичне оцінювання проводили за загальноприйнятою методикою. Дисперсність плазми визначали індикаторним методом відповідно до табл. 1, що ґрунтується на здатності краплинок вологи у моноліті продукту при контактуванні із поверхнею індикаторного паперу, просоченого розчином бромфенолу синього, утворювати на ньому синьо-фіолетові відбитки у натуральну величину [7, с. 269].

Таблиця 1

*Критерії оцінювання дисперсності плазми солодковершкової масляної пасти*

Характер розподілу вологи та відбитки на індикаторному папері	Оцінка
Відбитків не видно	5
Незначна кількість (3...5) рівномірно розподілених краплин діаметром 0,3...1,0 мм	4
Більше 5 краплин різної величини діаметром більш як 1,0 мм	3
Багато краплин і плям діаметром понад 3 мм	2
Відділення плазми на поверхні продукту	1-0

Термостійкість досліджували термостатуванням зразків заданої форми і розмірів [7, с. 270]. Витікання вільного рідкого жиру визначали за методикою, запропонованою О. Р. Ставровою [8, с. 14–16].

**Результати досліджень.** Масляна паста характеризується високим вмістом водної фази (47 %). Від розподілу вологи у готовому продукті та розміру краплинок залежить її споживчі характеристики. Тому для визначення рекомендованої кількості жиророзчинних емульгаторів у складі солодковершкової масляної пасти було досліджено дисперсність краплин плазми. Результати проведених досліджень наведено на рис. 1.

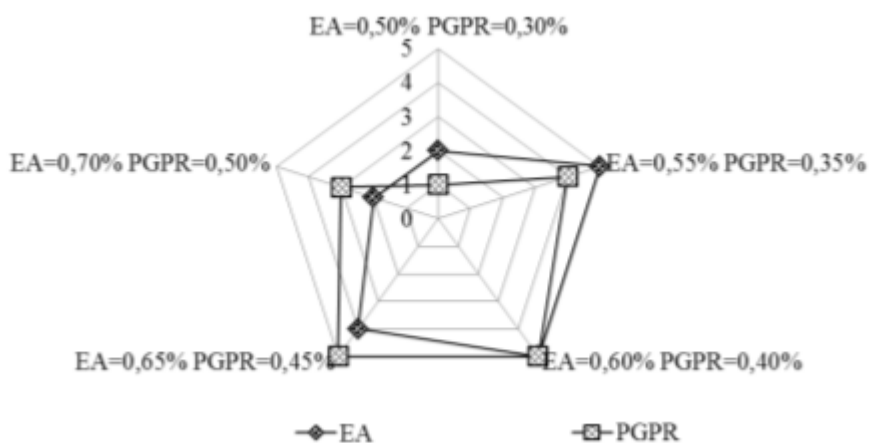


Рис. 1. Профілі оцінки дисперсності краплин плазми солодковершкової масляної пасти залежно від вмісту жиророзчинних емульгаторів «Естер-А» (EA) та полігліцерол полірицинолеат 03 (PGPR)

Відповідно до рис. 1 найвищу оцінку отримали зразки масляної пасти, які містили емульгатори «Естер-А» та полігліцерол полірицинолеат 03 у кількостях 0,6 та 0,4 % відповідно. Враховуючи отримані дані, у подальших дослідженнях брали участь тільки вищезазначені зразки.

На наступному етапі досліджень проведено органолептичне оцінювання масляної пасти (табл. 2).

Таблиця 2

#### Органолептична оцінка солодковершкової масляної пасти

Показник	Характеристика
Смак і запах	Вершковий, солодкуватий, без сторонніх присмаків та запахів
Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідна, пластична, поверхня на зрізі суха на вигляд, глянцева без видимих краплин вологи
Колір	Від білого до світло-жовтого, рівномірно розподілений за всією масою

Також визначено термостійкість масляної пасти порівняно з іншими масложировими продуктами. Результати досліджень наведено на рис. 2.

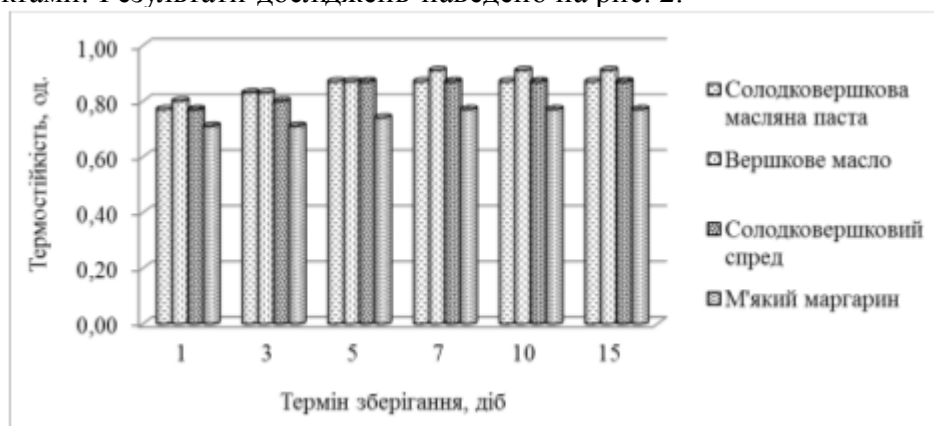


Рис. 2. Термостійкість дослідних зразків у процесі зберігання

Терmostійкість усіх досліджених зразків змінюється у процесі зберігання. Так, після 5-ї доби цей показник набуває сталих значень, що вказує на завершення процесів формування структури обраних продуктів. Терmostійкість масляної пасти майже збігається зі значеннями вершкового масла і на 5-у добу становить 0,87, що відповідає оцінці «добре». Солодковершковий спред також отримав оцінку «добре», хоча значення терmostійкості дещо нижчі від значень масла та масляної пасти. М'який низькокалорійний маргарин отримав найнижчу оцінку. Отже, внесення жиророзчинних емульгаторів «Естер-А» та полігліцерол полірицинолеат 03 дозволяє отримати масложировий низькожирний продукт без використання рослинних жирів із високими показниками терmostійкості, що не поступаються в якості високожирним продуктам.

Результати визначення здатності структури масложирових продуктів утримувати вільний рідкий жир, що є оберненим показником терmostійкості, наведено на рис. 3.

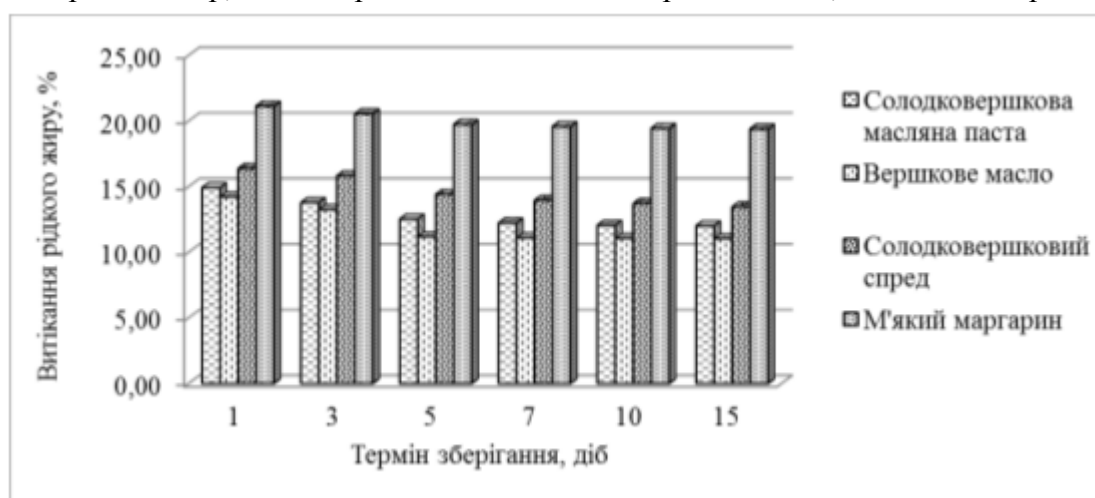


Рис. 3. Витікання рідкого жиру дослідних зразків у процесі зберігання

Встановлено, що структура вершкового масла найкраще утримує вільний рідкий жир і на 15-й день зберігання відповідає значенню 11,03 %. Здатність структури масляної пасти утримувати рідкий жир незначно відрізняється від такої для масла та становить 12,01 %. Спред та м'який маргарин характеризуються гіршою здатністю – 13,44 та 19,39 % відповідно. Таким чином, композиція жиророзчинних емульгаторів «Естер-А» та полігліцерол полірицинолеат 03 у кількостях 0,6 та 0,4 % відповідно забезпечують формування структурної сітки солодковершкової масляної пасти, яка має здатність утримувати вільний рідкий жир низькожирного продукту, підвищуючи його якість.

**Висновки.** 1. Науково обґрунтовано склад солодковершкової масляної пасти з масовою часткою жиру 42 % без наповнювачів. Рекомендований вміст жиророзчинних емульгаторів «Естер-А» та полігліцерол полірицинолеат 03, що забезпечує формування належних споживчих характеристик, становить 0,6 та 0,4 % відповідно.

2. Спільна дія емульгаторів «Естер-А» та полігліцерол полірицинолеат 03 забезпечує підвищення взаємодії між водною та жировою фазами продукту, зменшує розміри краплинок плазми та підвищує терmostійкість масляної пасти, сприяє формуванню структурної сітки продукту, яка ефективно утримує вільний рідкий жир під час зберігання.

#### Список використаних джерел

1. Іванов С. В. Масляна паста з комплексом біологічно активних рослинних мікронутрієнтів антидіабетичного призначення / С. В. Іванов, Т. О. Рашевська // Наукові праці НУХТ. – 2012. – № 43. – С. 85–94.
2. Podkovko O. Water phase condition in the butter paste with red beet powder / O. Podkovko, T. Rashevskaya // Food and environment safety. – 2015. – Vol. XIV, Issue 4. – Pp. 385–390.

3. *Ivanov S.* The functional butter paste with additives of plant micronutrients / S. Ivanov, T. Rashevskaya, K. Buravets // The second north and east European congress on food. Book of Abstracts. – Kiev, 2013. – Pp. 297.

4. *Топникова Е. В.* Роль эмульгаторов и стабилизаторов в маслообразовании и формировании структуры масла пониженной жирности / Е. В. Топникова // Сыроделие и маслоделие. – 2006. – № 5. – С. 35–37.

5. *Топникова Е. В.* Масло пониженной жирности и его аналоги / Е. В. Топникова // Сыроделие и маслоделие. – 2006. – № 3. – С. 10–12.

6. *Вышемирский Ф. Е.* Ассортимент сливочного масла с вкусовыми наполнителями / Ф. Е. Вышемирский, Е. В. Топникова, Т. П. Лобачева // Сыроделие и маслоделие. – 2005. – № 6. – С. 37–39.

7. *Практикум з технології молока і молочних продуктів : навч. посіб. / О. В. Грек, Н. М. Ющенко, Т. Г. Осмак та ін. – К. : НУХТ, 2015. – 431 с.*

8. *Ставрова Э. Р.* Метод определения вытекания жидкого жира из масла / Э. Р. Ставрова, А. Б. Транчева // Молочная промышленность. – 1970. – № 12. – С. 14–16.

**Полковко Оксана Анатоліївна** – аспірант кафедри технології молока і молочних продуктів, Національний університет харчових технологій (вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна).

**Подковко Оксана Анатольевна** – аспірант кафедри технології молока і молочних продуктів, Національний університет пищевих технологій (ул. Владимирская, 68, г. Киев, 01601, Украина).

**Podkovko Oksana** – PhD student of Department of Milk and Dairy Products Technology, National University of Food Technologies (68 Volodymyrska Str., 01601 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** oa\_podkovko@mail.ru

**Поліщук Галина Євгеніївна** – доктор технічних наук, професор кафедри технології молока і молочних продуктів, Національний університет харчових технологій (вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна).

**Полищук Галина Евгеньевна** – доктор технических наук, профессор кафедры технологии молока и молочных продуктов, Национальный университет пищевых технологий (ул. Владимирская, 68, г. Киев, 01601, Украина).

**Polishchuk Halyna** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Milk and Dairy Products Technology, National University of Food Technologies, (68 Volodymyrska Str., 01601 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** milknuft@i.ua

**Гурєва Валентина Станіславівна** – начальник відділу НВП Електрогазохім (Харківське шосе, 50, м. Київ, 02160, Україна).

**Гуреева Валентина Станиславовна** – начальник отдела НПП Электрогазохим (Харьковское шоссе, 50, г. Киев, 02160, Украина).

**Gurcivva Valentyna** – Head of Department of Elektrogazohim (50 Harkivske shose, 02160 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** Egh2008@ukr.net

## РОЗДІЛ VII. ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 621.31:614

*Юрій Денисов, Наталья Денисова*

### ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Юрій Денисов, Наталья Денисова*

### ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТАН ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Yuri Denisov, Natalya Denisova*

### INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON THE HEALTH OF WORKERS OF ELECTRIC POWER ENTERPRISES

*На основе исследований санитарно-гигиенических условий работы работников электротехно-энергетических предприятий предлагаются новые подходы к оценке влияния электромагнитных полей.*

**Ключевые слова:** электромагнитные излучения, охрана труда, энергетическое предприятие.

*Табл.: 3. Библ.: 5.*

*На основі досліджень санітарно-гігієнічних умов праці працівників електротехні-енергетичних підприємств пропонуються нові підходи до оцінювання впливу електромагнітних полів.*

**Ключові слова:** електромагнітні випромінювання, охорона праці, енергетичне підприємство.

*Табл.: 3. Библ.: 5.*

*Based on the study researches sanitation workers work electrotechnical energy companies and proposing new approaches to assessing the impact of electromagnetic fields on the health of workers.*

**Key words:** electromagnetic radiation, health and safety, energy company.

*Tabl.: 3. Bibl.: 5.*

**Постановка проблемы.** Одним из основных принципов охраны труда является обеспечение права работника на труд без риска потери здоровья. В последнее время расширяется количество различных источников электромагнитного излучения (ЭМИ) как в производственных, так и в бытовых условиях, создавая все большую опасность для здоровья человека. Диапазон полей достаточно широк от постоянных магнитных и электростатических полей и до рентгеновских и гамма излучений с частотами  $3 \cdot 10^{21}$  Гц и выше. Сложность влияния заключается в отсутствии у человека рецепторов для распознавания вредности фактора. Нормирование ЭМИ проводится по магнитной и электрической составляющим, а также по величине плотности потока энергии (для частот выше 10 МГц). Сложное взаимопроникновение электромагнитных полей, характерное для современных предприятий электроэнергетической отрасли, в настоящее время комплексно не учитывается.

**Анализ последних исследований и публикаций** Проведенные ранее исследования электромагнитных излучений основывались на том, что не было учтено влияние электромагнитного излучения на различные органы человеческого организма [5]. Расчет напряженности ЭМИ, проводился упрощенно, считалось, что электромагнитные поля проникают и действуют на органы человека одинаково. Не учитывалось также сложное взаимодействие полей различной напряженности и частоты.

**Цель статьи.** Цель статьи – показать, что появившееся в последнее время новые методики расчета напряженностей электромагнитного поля в биологических объектах должны быть учтены специалистами в области охраны труда для выработки новых рекомендаций. Выработка таких рекомендаций приведет к изменению трудового законодательства, появлению новых методик расчета вреда здоровью. Задачи, которые ставит данная публикация – анализ новых данных по расчету напряженности ЭМИ в различных средах с учетом условий работы сотрудников энергетической отрасли.

**Влияние ЭМП на здоровье работников энергокомпаний и энергоемких электро-технологических производств.** Следует отметить, что, по нашему мнению, существует отдельная группа людей, которые подвергаются электромагнитному излучению в большей степени, чем остальные. К такой категории относятся работники электрогенерирующих, электрораспределительных компаний, работники цехов и предприятий с энергопреобразующими установками. Отдельно следует отметить работников телекоммуникационных компаний. Надо заметить, что первая и вторая категория работников в процессе труда подвергается электромагнитному излучению значительно более низких частот, чем третья. В первую категорию можно отнести работников электростанций (ТЭЦ, АЭС, ГРЭС) – это работники ремонтники-эксплуатационники электросетей, а также цехов и предприятий с большой плотностью, насыщенностью, энергопреобразующих установок и мощного электропривода. Частота электромагнитных полей в этих случаях значительно ниже и составляет десятки герц. Однако в третьей категории частота значительно выше и составляет довольно широкий диапазон частот, который лежит в пределах от десятков до миллиарда герц. Электромагнитные поля оказывают свое влияние на различные системы и органы человека, вызывая те или иные расстройства здоровья и, по нашему мнению, нельзя проводить прямое сравнение всех выделенных нами категории по отношению степени опасности. К примеру, работники генерирующих компаний могут подвергаться не только влиянию ЭМП, но и других вредных факторов, таких как радиация и выбросы продуктов сжигания топлива. Работники электротранспортирующих компаний подвергаются облучению ЭМП в основном в процессе мониторинга электросетей электроустановок электротехнического оборудования, так как ремонтные работы проводятся в основном при отключенном электрооборудовании. Работники предприятий с электротехнологическими установками подвергаются воздействию ЭМП постоянно в процессе работы. В табл. 1 из [5] приведены напряженности электромагнитных полей в теле человека в районе ЛЭП 110 КВт при уровне напряженности 5 кВ/м.

Таблица 1

*Напряженности электромагнитных полей в теле человека*

Местоположение человека от ЛЭП	Ем кВ/м
1 зона 2–15 м	79,1
2 зона до 20 м	26,3

В табл. 2 показаны напряженности электромагнитных полей различных электротехнологических установок [1].

Таблица 2

*Напряженности электромагнитных полей электроустановок*

Частота измерения, МГц	Уровень электромагнитного излучения, мкВ/м, от различных электротехнологических преобразователей.			
	Нерегулируемый электропривод	Высокочастотные преобразователи (ВЧПР)	Регулируемый электропривод	Электропривод и ВЧПР
0,15	1200	1300	2300	4500
0,30	20	32	1300	1300
0,60	-	80	110	250
0,80	-	-	37	150

Проанализируем влияние ЭМП на здоровье работников энергокомпаний и энергоемких электротехнологических производств. Что касается работников электрогенерирующих компаний и компаний транспортировки электроэнергии, то здесь имеет место облучение полями низкочастотного спектра. В настоящее время выделяют следующие проблемы, связанные с длительным воздействием электро-технологических установок на нервную систему: проблема памяти, сложность в понимании, бессонница, депрессия, постоянные головные боли, парезы, нарушения равновесия, дезориентация в пространстве. Может возникать головокружение, мышечные боли, мышечная усталость, трудность в подъеме тяже-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

сти, нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы, склонность к гипотонии, боли в области сердца и др. У персонала ЛЭП отмечены нарушения функции зрения, изменения цветоощущения, сужение зрительных полей на зеленый, красный и особенно синий цвета, сосудистые изменения сетчатки. Учитывая вышеуказанные отрицательные влияния можно обобщить следующие общие для всех категорий работников отрицательные симптомы влияния ЭМП на человека. А именно повышенная утомляемость, головные боли, нагрев, который может привести к изменениям и даже к повреждениям тканей и органов. Механизм поглощения энергии достаточно сложен и описан в известных литературных источниках [4–5]. Возможны также, изменение частоты пульса, сосудистых реакций. Поля сверхвысоких частот могут оказывать воздействие на глаза, приводящее к возникновению катаракты (помутнению хрусталика). Многократные повторные облучения малой интенсивности могут приводить к стойким функциональным расстройствам центральной нервной системы. Степень биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, длительности его воздействия [2–3]. Биологическое воздействие полей разных диапазонов неодинаково. Изменения, возникающие в организме под воздействием электромагнитных полей, чаще всего обратимы. В результате длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость, сонливость или нарушение сна. Могут появляться частые головные боли, наступает расстройство нервной системы и др. При систематическом облучении наблюдаются стойкие нервно-психические заболевания, изменение кровяного давления, замедление пульса, атрофические явления. Аналогичное воздействие на организм человека оказывает электромагнитное поле промышленной частоты в электроустановках сверхвысокого напряжения. Интенсивные электромагнитные поля вызывают у работников нарушение функционального состояния центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы. При этом наблюдаются повышенная утомляемость, вялость, снижение точности рабочих движений, изменение кровяного давления и пульса, возникновение болей в сердце (обычно сопровождается аритмией), головные боли. Предполагается, что нарушение регуляции физиологических функций организма обусловлено воздействием поля на различные отделы нервной системы. При этом повышение возбудимости центральной нервной системы происходит за счет рефлекторного действия поля, а тормозной эффект – за счет прямого воздействия поля на структуры головного и спинного мозга. Считается, что кора головного мозга, а также промежуточный мозг, особенно чувствительны к воздействию поля. Наряду с биологическим действием электрическое поле обуславливает возникновение разрядов между человеком и металлическим предметом, имеющим иной, чем человек, потенциал. Если человек стоит непосредственно на земле или на токопроводящем заземленном основании, то потенциал его тела практически равен нулю, а если он изолирован от земли, то тело оказывается под некоторым потенциалом, достигающим иногда нескольких киловольт. Очевидно, что прикосновение человека, изолированного от земли, к заземленному металлическому предмету, равно как и прикосновение человека, имеющего контакт с землей, к металлическому предмету, изолированному от земли, сопровождается прохождением через человека в землю разрядного тока, который может вызывать болезненные ощущения, особенно в первый момент. Часто прикосновение сопровождается искровым разрядом. В случае прикосновения к изолированному от земли металлическому предмету большой протяженности (трубопровод, проволочная ограда на деревянных стойках и т. п. или большого размера металлическая крыша деревянного здания и пр.) сила тока, проходящего через человека, может достигать значительных, опасных для жизни.

**Нормирование электромагнитных полей.** Исследованиями установлено, что биологическое действие одного и того же по частоте электромагнитного поля зависит от напряженности его составляющих (электрической и магнитной) или плотности потока мо-

щности для диапазона более 300 МГц. Это является критерием для определения биологической активности электромагнитных излучений. Для этого электромагнитные излучения с частотой до 300 МГц разбиты на диапазоны, для которых установлены предельно допустимые уровни напряженности электрической, В/м, и магнитной, А/м, составляющих поля. Для населения еще учитывают их местонахождение в зоне застройки или жилых помещений. Согласно ГОСТ 12.1.006–84, нормируемыми параметрами в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц являются напряженности Е и Н электромагнитного поля. На рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала, профессионально связанного с воздействием электромагнитного поля, предельно допустимая напряженность этого поля в течение всего рабочего дня не должна превышать нормативных значений.

Эффект воздействия электромагнитного поля на биологический объект принято оценивать количеством электромагнитной энергии, поглощаемой этим объектом при нахождении его в поле, Вт.

В табл. 3 приведено допустимое время пребывания человека в электрическом поле промышленной частоты сверхвысокого напряжения (400 кВ и выше).

Таблица 3

*Допустимое время пребывания человека в электрическом поле*

Электрическая напряженность Е, кВ/м	Допустимое время пребывания, мин.	Примечание
<5	Вез ограничений	Остальное время рабочего дня человек находится в местах, где напряженность электрического поля меньше или равна 5 кВ/м
5—10 10—15	рабочий день	
15—20 20—25	<180 <90 <10 <5	

Ограничение времени пребывания человека в электромагнитном поле представляет собой так называемую «защиту временем». Если напряженность поля на рабочем месте превышает 25 кВ/м или если требуется большая продолжительность пребывания человека в поле, чем указано в табл. 3, работы должны производиться применением защитных средств. Пространство, в котором напряженность электрического поля равна 5 кВ/м и больше, принято называть опасной зоной или зоной влияния. Приблизительно можно считать, что эта зона лежит в пределах круга с центром в точке расположения ближайшей токоведущей части, находящейся под напряжением, и радиусом  $R = 20$  м для электроустановок 400–500 кВ и  $R = 30$  м для электроустановок 750 кВ. На пересечениях линий электропередачи сверхвысокого (400–750 кВ) и ультравысокого (1150 кВ) напряжения с железными и автомобильными дорогами устанавливаются специальные знаки безопасности, ограничивающие зоны влияния этих воздушных линий.

Допустимое значение тока, длительно проходящего через человека и обусловленного воздействием электрического поля электроустановок сверхвысокого напряжения, составляет примерно 50–60 мкА, что соответствует напряженности электрического поля на высоте роста человека примерно 5 кВ/м. Если при электрических разрядах, возникающих в момент прикосновения человека к металлической конструкции, имеющей иной, чем человек, потенциал, установившийся ток не превышает 50–60 мкА, то человек, как правило, не испытывает болевых ощущений. Поэтому это значение тока принято в качестве нормативного (допустимого). Все вышеуказанные нормировочные данные получены в результате теоретических и экспериментальных исследований, однако проведенные в последнее время исследования говорят о том, что влияние ЭМП на тело человека неоднородно и вызывает вследствие этого различные заболевания различных внутренних органов не связанных друг с другом. Это, в свою очередь, приводит к усложнению постановки диагноза и последующего лечения. Этот факт говорит о том, что государство вынуждено в лице органов социального обеспечения направлять на социальную реабилитацию и лечение работников большие средства.

**Выводы.** С учетом полученных в [5] новых сведений о методах расчета напряженности ЭМП следует выработать новые нормы пребывания работников электроэнергетики



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

тических компаний, учитывающие сложное взаимопроникновение электромагнитных полей различных частот и напряженностей, а также других вредных факторов, которые влияют на работников электроэнергетической отрасли.

**Список использованных источников**

1. Денисов Ю. О. Системи перетворювальної техніки : навч. посіб. / Ю. О. Денисов. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2014. – 171 с.
2. Довгуша В. В. Электромагнитные поля. Роль и механизмы контроля над сознанием и заболеваемостью / В. В. Довгуша, Л. В. Довгуша // Медицина экстремальных ситуаций. – 2008. – № 2 (24). – С. 49–59.
3. Довгуша В. В. Электромагнитный фактор – источник множества заболеваний / В. В. Довгуша, М. Н. Тихонов // Медицина экстремальных ситуаций. – 1999. – № 1. – С. 5–10.
4. Расчетный выбор параметров электромагнитных экранов сложной пространственной конфигурации / М. М. Резинкина, А. А. Щерба, В. С. Гринченко, К. О. Резинкина // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 1. – С. 10–16.
5. Щерба А. А. Электромагнитные поля и их воздействие на объекты : проект «Наукова книга» / А. А. Щерба, М. М. Резинкина. – К. : Наукова думка, 2009. – 191 с.

**Денисов Юрий Александрович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной электроники, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Денисов Юрій Олександрович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри промислової електроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Denisov Yuri** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Electronics, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: den711td@gmail.com

**Денисова Наталья Николаевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Денисова Наталія Миколаївна** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Denisova Natalya** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Food Technology, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: 422786@rambler.ru

УДК 543.2:504.61:51.322

*Олена Купчик, Жанна Дерій*

## **ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ПРИДОРОЖНЬОЇ СМУГИ ЗА БІОІНДИКАЦІЙНИМИ ТА ХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ**

*Елена Купчик, Жанна Дерей*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ ПО БИОИНДИКАЦИОННЫМ И ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

*Olena Kupchuk, Zhanna Derii*

## **THE ECOLOGICAL STATE OF WAYSIDE STRIPE ACCORDING TO BIOINDICATION AND CHEMICAL INDEXES**

Розглянуто різні підходи до визначення забруднення довкілля м. Чернігів. Наведено можливість використання для індикації забруднення повітря лишайників. Визначено коефіцієнт покриття дерев та середня величина коефіцієнта покриття дерев лишайником. Отримані результати свідчать про невисокий рівень забруднення повітря придорожньої зони. Як хімічні індикатори стану снігового покриву і ґрунту отримано просторовий розподіл таких важких металів, як цинк, кадмій, свинець та купрум. Визначення вмісту елементів проводилось методом інверсійної вольтамперометрії. Отримані значення вмісту важких металів відповідають граничнодопустимим концентраціям. Проаналізовано зв'язок між вмістом забруднювачів та наявністю антропогенного впливу. Встановлено, що повітря та ґрунт досліджуваної території порівняно чисті, тоді як уздовж автомагістралі є деяке забруднення.

**Ключові слова:** лишайники, важкі метали, біоіндикація, інверсійна вольтамперометрія, сніговий покрив, ґрунт, повітря.

Рис.: 3. Табл.: 1. Бібл.: 14.

Рассмотрены разные подходы к определению загрязнения окружающей среды г. Чернигов. Представлена возможность использования для индикации загрязнения воздуха лишайников. Определен коэффициент покрытия деревьев и

средняя величина коэффициента покрытия деревьев лишайниками. Полученные результаты свидетельствуют о невысоком уровне загрязнения воздуха придорожной полосы. В качестве химических индикаторов состояния снежного покрова и почвы получено пространственное распределение таких тяжелых металлов как цинк, кадмий, свинец и медь. Определение содержания элементов проводилось методом инверсионной вольтамперометрии. Полученные значения содержания тяжелых металлов соответствуют предельно-допустимым концентрациям. Проанализирована связь между содержанием загрязнителей и наличием антропогенного влияния. Установлено, что воздух и почва исследованной территории сравнительно чистые, в то время как вдоль автомагистрали есть некоторое загрязнение.

**Ключевые слова:** лишайники, тяжелые металлы, биоиндикация, инверсионная вольтамперометрия, снежный покров, почва, воздух.

Рис.: 3. Табл.: 1. Библ.: 14.

The different approaches to determination of Chernihiv environmental pollution were considered. Possibility of using the air pollution of lichens are shown. The coverage ratio of trees and the average coverage ratio of the trees moss were determined. The obtained results indicate the low levels of roadside pollution zone. As chemical indicators of snow cover and soil is received the spatial distribution of heavy metals such as zinc, cadmium, lead and copper. Determination of content elements was carried out by stripping voltammetry. Obtained values of heavy metals correspond to maximum permissible concentration. The link between the presence of contaminants and human impact were analyzed. Established that the air and soil of researched area relatively clean, whereas lengthways of highway is some contamination.

**Key words:** lichens, heavy metals, bioindication, inversion voltammetry, snow cover, soil, air.

Fig.: 3. Tabl.: 1. Bibl.: 14.

**Постанова проблеми в загальному вигляді.** Як біологічний вид людина для свого існування потребує певних умов середовища. Разом з тим господарська діяльність людини кардинально змінює стан навколишнього середовища різними викидами, у тому числі небезпечними для життя і здоров'я людей. У результаті господарювання 15 % території України сьогодні належить до категорії «надзвичайно забруднені регіони з підвищеним ризиком для здоров'я людей та райони екологічної катастрофи» [1]. Тому виникає необхідність пошуку ефективних індикаторів стану навколишнього середовища, що дозволять ідентифікувати чинники його трансформації протягом тривалого часу, простежити динаміку різного техногенного забруднення та отримати інтегровану оцінку екотопів антропогенно порушених земель.

Саме тому актуальною сьогодні є організація спостережень та контролю за змінами стану довкілля під впливом антропогенного фактора як важливого чинника, що попереджає про небезпечні явища, сприяючи їх запобіганню.

У нашій державі небезпека хімічного забруднення навколишнього середовища залишається на першому місці. Вхідження України до загальноєвропейської системи екологічної безпеки вимагає проведення належної природоохоронної політики, що забезпечить екологічно безпечний соціально-економічний розвиток країни [2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Одним із специфічних методів моніторингу є біоіндикація. Нині методи біоіндикації неможливо уявити без використання лишайників, існування яких безпосередньо залежить від стану повітря. Лишайники чутливі до цілого комплексу забруднювачів. Пагубний вплив виявляють речовини, що збільшують кислотність середовища, такі як діоксид сірки, хлориди, оксиди нітрогену та озон [3].

Метод ліхеноіндикації є перспективним, оскільки він доступний, не трудомісткий, достатньо точний та надійний. Лишайники відповідають усім вимогам до організмів-індикаторів. Вони не є надто чутливими та надто стійкими до забруднення. У них досить тривалий життєвий цикл. Вони є дуже поширеними, причому кожний вид пристосований до певного місцезростання. При короткочасному впливі високих концентрацій забруднювачів лишайники зовні майже не змінюються, але тривалий вплив низьких концентрацій поллютанта викликає в них такі пошкодження, які не зникають до загибелі слані [1; 3].

Стосовно процесів перенесення і накопичення забруднюючих речовин атмосфера відноситься до переважно транспортуючого середовища. Тому в моніторингу забруднення атмосферного повітря використовуються так звані природні планшети, до яких відноситься сніговий покрив як депонуюче середовище техногенних забруднень. Хімічний склад фільтрату талого снігу формується в результаті потрапляння з опадами різних хімічних елементів, поглинання сніговим покривом газів, водорозчинних аерозолів

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

і взаємодії зі сніговим покривом твердих частинок, що осаджуються з атмосфери. При цьому, якщо кількість твердого осаду, що випадає зі снігом, характеризує запиленість території, то фільтрат талого снігу відображає ступінь забруднення повітряного басейну розчинними формами елементів [4].

Як показують моніторингові дослідження, концентрація забруднюючих речовин у снігу виявляється на 2–3 порядки вище, ніж в атмосферному повітрі, тому виміри вмісту речовин можуть проводитись досить простими методами і з високою мірою надійності. Всього лише один сніговий керн, взятий по всій товщі снігового покриву, дає показні дані про хімічне забруднення в період від утворення стійкого снігового покриву до моменту відбору проби (максимального снігозапасу) [4; 5].

У сучасних умовах техногенної дії на природне середовище найбільш характерні зміни відбуваються у ґрунтовому покриві, де поступово зростає фоновий вміст важких металів. Ґрунт є більш ємною та інерційною ланкою в накопиченні важких металів, міцним акумулятором та депонентом цих елементів та виявляє слабку здатність до самоочищення. Процес розподілу важких металів у ґрунті є прямим результатом процесу ґрунтоутворення, який, у свою чергу, залежить від особливостей біокліматичних умов природних зон [6].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Автотранспортне забруднення є одним з найбільш небезпечних, яке виявляє жорсткий вплив на придорожні екосистеми. У вихлопних газах виявлена велика кількість різних речовин, з яких тільки деякі нетоксичні. З роботою автомобільного транспорту пов'язане забруднення ґрунту в найбільших кількостях свинцем, кадмієм, цинком, оловом, берилієм та ін.

Важкі метали відносяться до забруднюючих речовин, спостереження за якими обов'язкові в усіх середовищах. Такі токсичні метали, як свинець та кадмій, здатні концентруватися в живих організмах, сприяючи виникненню різних патологій. На відміну від органічних речовин, які підлягають процесам розкладу, метали здатні лише перерозподілятися між природними середовищами.

**Мета статті. Головною метою цієї роботи** є встановлення міри забрудненості атмосферного повітря через визначення видового складу та дослідження кількісних характеристик лишайникового покриву дерев, оцінювання просторового розподілу важких металів у сніговому покриві та ґрунті у цій місцевості від пересувних джерел забруднення та поширення важких металів з відстанню.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження проводили в адміністративному Деснянському районі м. Чернігова, який є більш навантажений автотранспортом [7]. Спостереження проводились на ділянці 100 м від перехрестя вулиць Шевченка та Рокосовського, біля Чернігівського національного технологічного університету, через рівні проміжки та по можливості на однаковій відстані від проїжджої частини. Об'єктом дослідження були епіфітні лишайники, що зростають на деревах досліджуваної місцевості та використовуються в ліхеноіндикації. Видовий склад лишайників визначали за допомогою визначника [8]. Ліхеноіндикацію для дослідження стану атмосферного повітря проводили за методикою Ю. Л. Мартина [9].

У посадках дерев вивчались і описувались епіфітні лишайники, знайдені по обидва боки стовбура на пробних ділянках на кожному третьому дереві. Пробна ділянка обмежувалася на стовбурі дерев'яною рамкою розміром 10x10 см, яка була розділена всередині тонким дротом на квадратики по 1 см<sup>3</sup>. Визначали, які види лишайників траплялися на ділянці та проективне покриття кожного виду. На кожному дереві описували мінімум чотири пробні ділянки: два біля основи стовбура (з різних його сторін) і дві на висоті 1–1,5 м.

Згідно з методикою Ю. Л. Мартина виміряли площу поверхні 100 стовбурів, загальну площу покриття кожного дерева всіма видами лишайників. Алгоритм вимірювань був таким: вимірювали висоту та довжину окружності стовбурів 100 дерев, розрахову-

вали загальну площу поверхні стовбурів дерев та загальну площу покриття кожного дерева всіма видами лишайників-індикаторів, проективно покриття дерев лишайниками та середню величину коефіцієнта покриття дерев лишайником.

Як інформативні хімічні індикатори стану снігового покриву та ґрунту і антропогенні хімічні забруднення вибрані такі мікроелементи:  $Zn^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  і  $Cd^{2+}$ . Тому для проведення аналізу використовували зразки снігового покриву, які були відібрані в січні 2015 року, та зразки ґрунту на трьох модельних ділянках: № 1 – 0–10 м; № 2 – 10–20 м та № 3 – більше 20 м від автотраси перехрестя біля Чернігівського національного технологічного університету. Аналізи відібраних проб снігу та ґрунту проводилися тричі, що дозволило отримати достовірні значення вмісту досліджуваних елементів в пробах.

Керни снігу відбирали на всю глибину снігового покриву до основи його залягання з використанням пластмасової труби. Всього було відібрано 10 зразків снігового покриву. У кожній точці відбору проб кількість кернів відбирали так, щоб загальна вага проби відповідала 1,0–1,5 кг. Проби снігу доставляли в лабораторію промислової екології і розтоплювали (без шпучного підігрівання) у скляних стаканах. Для відділення твердих часток від розчину проби фільтрували через паперовий фільтр «синя» стрічка [10].

Відбір проб ґрунту проводився таким чином: з обраної ділянки відбирали змішаний зразок, який складався з 5 проб, взятих за методом конверту (по кутах ділянки та в центрі). Проби відбиралися лопатою на глибині 0–20 см горизонту п'ять разів. Вага свіжовідбраного матеріалу становила 1 кг. Середню пробу відбирали методом квартування. Потім ґрунт висушували до повітряно-сухого стану при кімнатній температурі. Очищували від різних включень та просіювали через сито з діаметром отвору 0,5 мм [6; 11].

Для дослідження вмісту важких металів у талих водах та водній витяжці ґрунту використовували метод інверсійної вольтамперометрії.

Вміст важких металів визначали на аналізаторі вольтамперометричному ТА- Lab (НПП «Томьаналит», РФ) в трьохелектродній електрохімічній комірці. Як індикаторний електрод використовували амальгамовий електрод. Як електрод порівняння і допоміжний електрод використовували хлорсрібний електрод, заповнений розчином 1М хлориду калію.

Визначення металів проводили методом добавок з використанням стандартних розчинів, що містять по 1 мг/л або 10 мг/л кожного з визначуваних металів, які були приготовані на основі державних стандартних зразків і бідистиляту. Розрахунок концентрації металів виконували за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми ТА-Lab (версія 3.6.10).

Результати обробляли методом математичної статистики за відомою методикою; розраховували середнє значення й інтервальне значення з довірчою вірогідністю 95 % [12; 13].

У результаті роботи нами було встановлено, що на таких деревах, як липа, в'яз, клен, верба, береза, що зростають біля Чернігівського національного технологічного університету, трапляються 3 види, що належать до родів: *Xanthoria*, *Hypogymnia Physodes*, *Physcia*.

На всіх деревах, що знаходяться найближче до проїжджої частини, лишайники відсутні. Це говорить про те, що ця територія забруднена шкідливими викидами і є неможливою для існування лишайників. Вони є індикаторами чистого повітря і тому цілком віта відсутність лишайників говорить про те, що проїжджа частина міста є дуже небезпечним та несприятливим районом.

На незначній відстані від дороги (10–20 м) вже з'являються лишайники, але кількість їх обмежена і найбільш стійкі форми – накипні. Вони мають сіро-зелений колір, менші за розміром та висотою проростання. На цій території не можна побачити все різноманіття форм лишайників: куцисті форми взагалі відсутні, оскільки ця ділянка знаходиться відносно близько від дороги та залишається під впливом автомобільних викидів. У менш забруднених місцях на більшій відстані від дороги (від 20 м)

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

з’являються інші форми лишайників та збільшується їх кількість, різноманітність. Але навіть ближче до річки Десна (майже 100 м від дороги) кушисті форми не зустрічаються, листові форми наявні у значній кількості. Древа поблизу річки на сьогодні здатні долати цю кількість шкідливих викидів у повітря і відновлювати повітряний баланс міста. Середній коефіцієнт покриття лишайниками дерев  $K = 0,61$ , тобто 61,42 % всієї площі поверхні стовбурів дерев покрито лишайником.

На рис. 1 представлені типові приклади вольтамперних кривих фону (1), проби без добавки (2) і з добавкою (3) аналізованого металу, що були отримані для проб снігу та ґрунту з модельних ділянок. З рис. 1 видно, що на вольтамперних кривих розчину фону в інтервалі потенціалів від -1200 мВ до +100 мВ відсутні піки струму окислення (крива 1). Це свідчить про чистоту фонового електроліту, а саме про відсутність у ньому цинку, кадмію, свинцю і міді, оскільки в умовах реєстрації вольтамперної кривої можливе анодне розчинення раніше сконцентрованих на індикаторному електроді лише цих металів. На вольтамперограмах розчину проб є чотири максимуми струму – при потенціалах -900, -550, -320 і -50 мВ, які відповідають процесам анодного окислення цинку, свинцю, кадмію і міді відповідно. При введенні в розчин проби добавок стандартного розчину на вольтамперних кривих піки струму окислення свинцю, кадмію, цинку і міді зростають пропорційно збільшенню концентрації цих металів.

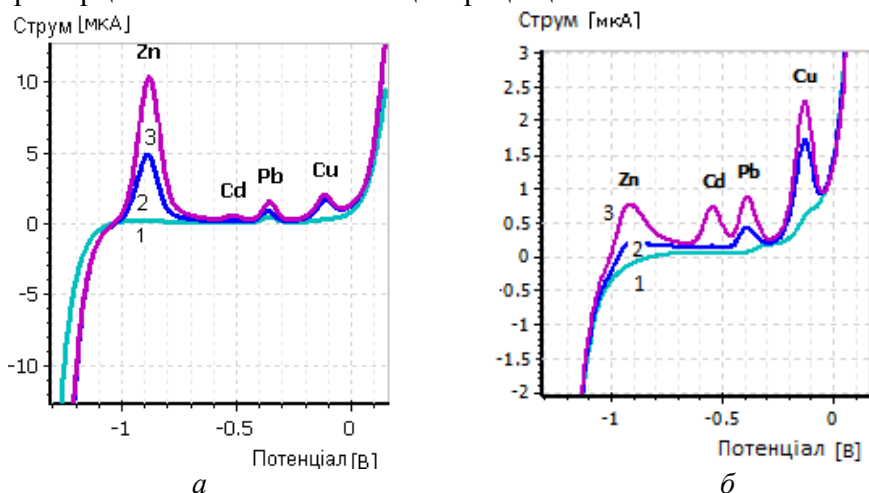


Рис. 1. Вольтамперограми з модельної ділянки № 3 проби: а – снігу, б – водної витяжки ґрунту

Розрахований з вольтамперних кривих вміст металів в пробах снігу та ґрунту представлений у таблиці.

Таблиця

Забруднення водорозчинної частини снігового покриву та водної витяжки ґрунту м. Чернігова важкими металами

Вид проби	№ ділянки	Мікроелементи (мг/л для снігу, мг/кг для ґрунту)			
		Zn <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>
сніг	1	0,037±0,006	0,00015±0,00006	0,0020±0,0006	0,076±0,008
	2	0,023±0,006	0,00010±0,00003	0,0012±0,0004	0,030±0,007
	3	0,0015±0,0003	0,000022±0,000009*	0,000028±0,000004*	0,0085±0,0011
ГДК вода [14]		1,03	0,0013	0,03	1,03
ґрунт	1	0,38±0,10	0,013±0,003	0,34±0,06	8,9±0,3
	2	0,21±0,05	0,0096±0,0029	0,19±0,03	1,3±0,3
	3	0,13±0,02	не виявлено	0,09±0,04	0,35±0,09
ГДК ґрунт [2]		300	3	30	100

Примітка: \* – нижче за межу визначення.

Як видно з таблиці, проаналізовані проби містять всі досліджувані метали, тобто можна зробити висновок про наявність забруднення снігу та ґрунту важкими металами.

Найбільший вміст всіх металів в пробі № 1. Виявлені кількості кадмію та свинцю у пробі № 3 знаходяться нижче межі визначення даного методу. В талій воді вміст всіх металів нижчий, ніж рівень граничнодопустимих концентрацій для води водойм, тобто в середньому: цинку – у 28 разів, кадмію – у 9 разів, свинцю – у 15 разів та міді – у 13 разів.

На рис. 2 зображено порівняння вмісту важких металів у сніговому покриві за точками дослідження.

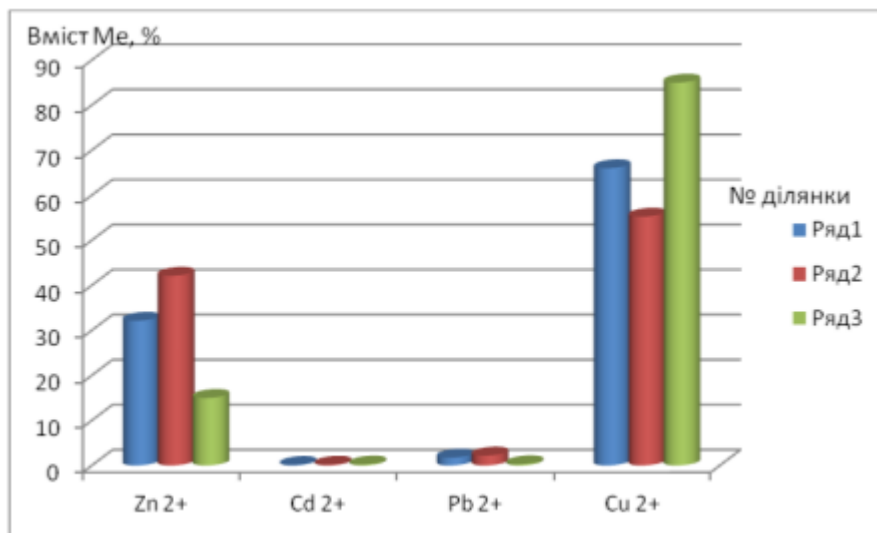


Рис. 2. Порівняння вмісту важких металів у сніговому покриві за точками дослідження

З рис. 2 видно, що у всіх точках дослідження концентрації купруму та цинку перевищує такі елементи, як кобальт та свинець. Однак, якщо порівнювати проби між собою, то можна бачити, що вміст токсичних металів, таких як кадмій та свинець, найбільший у пробі № 1 та 2. Майже їх зовсім немає у пробі № 3.

У літературних джерелах наведена досить значна кількість відомостей ГДК для різних елементів та їх сполук у ґрунті. Але все ж таки знайдена кількість (табл.) відповідає нормі і в середньому нижча за всіма досліджуваними важкими металами. Найбільший вміст всіх металів у пробі № 1. Виявлені кількості кадмію та свинцю у пробі № 3 знаходяться нижче межі визначення цього методу.

На рис. 3 зображено порівняння вмісту важких металів у ґрунті за точками дослідження.

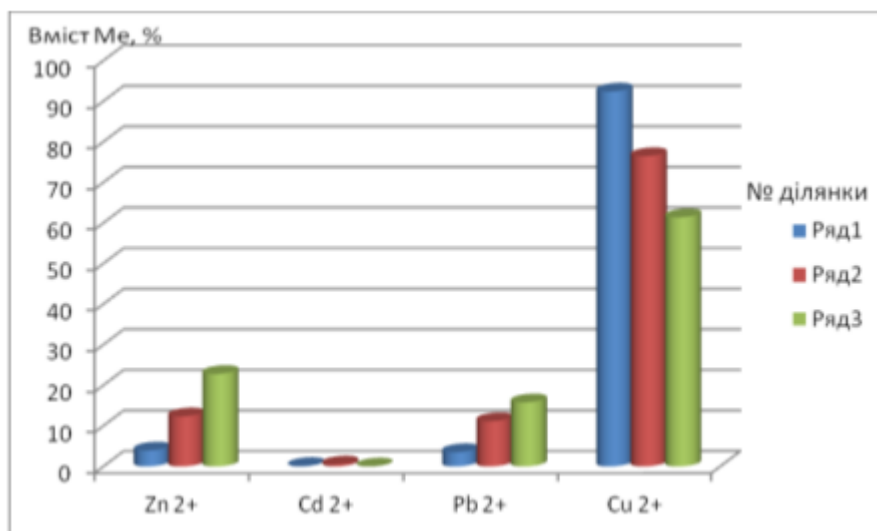


Рис. 3. Порівняння вмісту важких металів у ґрунті за точками дослідження

З рис. 3 можна бачити, що у всіх точках дослідження концентрація купруму значно перевищує вміст інших елементів. Однак, якщо порівнювати проби між собою за конче-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

нтрацією токсичних металів, таких як кадмій та свинець, то можна бачити, що найбільший їх вміст у пробі № 2 та 3. У пробі № 1 кадмій взагалі відсутній.

Граничнодопустима концентрація важких металів у ґрунтах є загальносанітарним показником шкідливості і не визначає небезпеку вмісту того чи іншого хімічного елементу в ґрунті. Інтегральними показниками якості ґрунтів є коефіцієнт концентрування хімічного елементу в ґрунті  $K_c$  та сумарний показник забруднення ґрунту  $Z_c$  [4]. Виходячи з розрахунків, можна зробити висновок, що екологічна ситуація щодо забруднення ґрунтів важкими металами безпосередньо при дорозі є помірно небезпечною, але ж з віддаленістю від автодороги категорія забруднення ґрунту змінюється на допустиму. Показник екологічної небезпечності становив 29,13 та 4,43 одиниці відповідно (екологічна ситуація вважається небезпечною при показнику інтенсивності забруднення ґрунтів менше 16).

**Висновки і пропозиції.** З урахуванням того, що зменшення наявності лишайників-індикаторів у місцевості вказує на зростання ступеня забруднення атмосферного повітря в ній, нами зроблено висновок, що повітря м. Чернігова біля Чернігівського національного технологічного університету порівняно чисте, тоді як уздовж автомагістралі є деяке забруднення, що підтверджується низьким коефіцієнтом покриття дерев лишайниками-індикаторами.

Отримані експериментальні значення дозволяють зробити висновки, що:

- вміст важких металів у придорожній полосі не перевищують граничнодопустимих значень для кожного металу;
- найменша концентрація визначальних металів зафіксована на ділянці, найбільш віддаленій від автотраси;
- найбільша концентрація зафіксована на ділянці № 2, яка безпосередньо контактує з автодорогою. Це може бути пов'язане з навантаженням на двигун автомобіля, паливо повністю не згорає і це призводить до підвищення концентрації важких металів у вихлопних газах автомобіля.

Таким чином, екологічна оцінка стану забруднення ґрунтів досліджуваної території свідчить про те, що ступінь забруднення її важкими металами середній.

Однак всі автодороги слід розглядати як самостійні джерела забруднення, які мають суттєвий вплив на хімічний склад снігового покриву та ґрунту. Отже, проведені нами дослідження становить, безумовно, науково-практичний інтерес у плані попередження впливу антропогенного забруднення довкілля на об'єкти дикої природи, що в подальшому може призводити до скорочення видового різноманіття. Необхідно влаштовувати зелені смуги-екрани, а за наявності інженерних мереж – фільтрувальні зелені смуги.

#### Список використаних джерел

1. Вельчева Л. Г. Вивчення стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації / Л. Г. Вельчева, Л. В. Антоновська // Екологія та ноосферологія. – 2008. – Т. 19, № 1-2. – С. 182–185.
2. Ванчура Н. Експериментальні дослідження вмісту важких металів в охоронних зонах автомагістралей / Н. Ванчура // Геодез., картогр. і аерофотознімання. – 2011. – Вип. 75. – С. 110–114.
3. Кузнецова В. Ф. Эпифитные лишайники как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха газообразными поллютантами, тяжелыми металлами и радионуклидами [Электронный ресурс] : дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / В. Ф. Кузнецова. – Нижний Новгород, 2004. – 208 с. – Режим доступа : <http://www.dissercat.com/content/epifitnye-lishainiki-kak-indikator-y-zagryazneniya-atmosfernogo-vozdukh-gazobraznymi-pollyu#ixzz3h5vKiEba>.
4. Алемасова А. С. Экологическая аналитическая химия : учебное пособие / А. С. Алемасова, К. С. Луговой. – Донецк : ДонГУ, 2010. – 271 с.
5. Руководство по методам полевых и лабораторных исследований снежного покрова для изучения закономерностей длительного загрязнения местности в зоне действия антропогенных источников : метод. пособие / В. В. Ковкин, О. В. Шуваева, С. В. Морозов, В. Ф. Ранута. – Новосибирск : Новосиб. гос.ун-т, 2012. – 85 с.

6. *Исследования* содержания тяжелых металлов в почве нижнего течения р. Иле / З. А. Инелова, В. С. Коротков, З. А. Инелова, Г. К. Ерубаяева, Ф. С. Исаева // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2012. – № 1 (33). – С. 225–227.
7. *Купчик О. Ю.* Викиди автомобільного транспорту як джерело забруднення атмосферного повітря міста Чернігова / О. Ю. Купчик // Молодий вчений. – 2015. – № 2 (17). – С. 17–20.
8. *Окснер А. М.* Флора лишайників України : у 2 т. / А. М. Окснер. – К. : АН УРСР, 1956. – 494 с.
9. *Мартин Ю. Л.* Лихеноиндикационное картирование загрязнения атмосферного воздуха / Ю. Л. Мартин // Междунар. школа по лишеноиндикации. – Талин, 1984. – С. 15–34.
10. *Купчик Е. Ю.* Химический мониторинг снежного покрова г. Чернигова / Е. Ю. Купчик // Науковий вісник Ужгородського університету. – 2014. – № 2 (32). – С. 84–90.
11. *Трубачева Л. В.* Определение содержания подвижных форм тяжелых металлов (кадмия, свинца и меди) в почвах методом инверсионной вольтамперометрии / Л. В. Трубачева, Н. В. Купцова // Вестник Удмуртского университета. Физика. Химия. – 2008. – Вып. 2. – С. 112–118.
12. *Выдра Ф.* Инверсионная вольтамперометрия / Ф. Выдра. – М. : Мир, 1980. – 278 с.
13. *Дерффель К.* Статистика в аналитической химии : пер. с нем. / К. Дерффель. – М. : Мир, 1994. – 146 с.
14. *Санитарные правила и нормы* охраны поверхностных вод от загрязнения : СанПиН 4630-88 [Электронный ресурс]. – [Действующие с 1989-01-01] : с измен. и доп., на 01.02.2008 // Збірник важливих офіційних матеріалів з санітарних і протиепідемічних питань. – К., 1995. – Т. 1, ч. 1. – Режим доступа : [lawna.info/bdata5/ukr567/index.htm](http://lawna.info/bdata5/ukr567/index.htm).

**Купчик Олена Юрївна** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, Чернігівський національний педагогічний університет імені Т. Г. Шевченка (вул. Гетьмана Полуботка, 53, м. Чернігів, 14013, Україна).

**Купчик Елена Юрьевна** – кандидат химических наук, доцент кафедры химии, Черниговский национальный педагогический университет имени Т. Г. Шевченко (ул. Гетмана Полуботка, 53, г. Чернигов, 14013, Украина).

**Kupchuk Elena** – PhD in Chemical Sciences, Associate professor of chemical department, Chernihiv T. G. Shevchenko National Pedagogical University (53 H. Polubotka Str., Chernihiv, 14013, Ukraine).

**E-mail:** lenochka-lugansk@mail.ru

**Дерій Жанна Володимирівна** – доктор економічних наук, доцент, професор кафедри теоретичної та прикладної економіки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Дерей Жанна Владимировна** – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры теоретической и прикладной экономики, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Derii Zhanna** – Doctor of Economics, Associate Professor, Head of Department of Theoretical and Applied Economics, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** jannet\_d@ukr.net

УДК 332.3

*Віктор Мовенко, Петро Новик*

## ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕРИТОРІЙ ПРИРОДООХОРОННОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ

*Виктор Мовенко, Петр Новик*

## ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПРИРОДООХРАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ

*Victor Movenko, Petro Novyk*

## ORGANIZATION OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AREAS OF THE CHORNOBYL ZONE

Розглянуто питання організації територій природоохоронного призначення Чорнобильської зони відчуження, яка складається з чотирьох зон: промислової, охоронної (буферної), заповідної зони та кордонів Зони. Запропоновано проводити постійний моніторинг стану навколишнього природного середовища Зони та прилеглих територій, прогноз їх змін, розробку науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у штатних або екстремальних умовах.

**Ключові слова:** зона відчуження (ЗВ), природно-заповідний фонд (ПЗФ), радіаційна безпека (РН).

*Рис.: 4. Бібл.: 11.*



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

*Рассмотрены вопросы организации территорий природоохранного назначения Чернобыльской зоны отчуждения, которая включает четыре зоны: промышленную, охранную (буферную), заповедную зоны и границы Зоны. Предложено проводить постоянный мониторинг состояния окружающей среды Зоны и прилегающих территорий, прогноз их изменений, разработку научно обоснованных рекомендаций для принятия управленческих решений в штатных или экстремальных ситуациях.*

**Ключевые слова:** зона отчуждения (ЗО), природно-заповедный фонд (ПЗФ), радиационная опасность (РО).

Рис.: 4. Библ.: 11.

*The article examines some problems of organization of nature protection aim territories in Chernobyl Alienation Zone that consists of four zones: industrial, protective, nature, reserve and border zones. It is suggested to arrange constant monitoring of the natural environment's state of the zone and closest territories, the forecast of their changes, the groundwork of scientifically based recommendations for making management decisions in regulations and extreme conditions.*

**Key words:** Alienation zone, nature reserve fund, radiation danger.

Fig.: 4. Bibl.: 11.

**Постановка проблеми.** З моменту Чорнобильської катастрофи постало питання подальшого використання територій зони відчуження (ЗВ). Після відселення населення, на цій території був організований природний заповідник, в якому відсутнє втручання людини. Виявилось, що вплив людини на біосферу набагато руйнівний, ніж вплив радіоактивного забруднення. У зв'язку з такими висновками, а також неможливістю використання територій зони відчуження в інших цілях вже протягом останнього десятиріччя обговорюється питання створення територій природоохоронного призначення. За твердженням Кабінету Міністрів України, питання створення такої території буде вирішено протягом 2016 року. Відповідно постане питання організації території, де мають бути суміжні території заповідника, промислової зони та безпосередньо об'єкти Чорнобильської АЕС [7].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Природно-заповідний фонд (ПЗФ) України має у своєму складі 7346 територій та об'єктів загальною (фактичною) площею 2990,0 тис. га. Співвідношення площі ПЗФ до площі держави становить 4,95 % (рис. 1). З них за кількістю найбільшу частку мають пам'ятки природи, заказники та заповідні урочища – разом близько 90 % від кількості всіх наявних об'єктів. За площею більше 80 % ПЗФ припадає на заказники та національні природні та регіональні ландшафтні парки.

За даними Державного кадастру територій та об'єктів ПЗФ в Україні на січень 2014 року є 607 територій і об'єктів ПЗФ загальнодержавного значення, з них: 17 природних і 4 біосферних заповідників, 19 національних природних парків, 304 заказники, 132 пам'ятки природи, 17 ботанічних садів, 7 зоологічних парків, 19 дендрологічних парків, 88 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва. Їх загальна фактична площа становить 1543,2 тис. га, або близько 52 % від усієї фактичної площі ПЗФ і 2,5 % від площі України. З цієї площі близько 564 тис. га (близько 19 % від загальної площі ПЗФ і 0,9 % від території держави) – це землі, надані природно-заповідним установам у постійне користування [5]. Частка площ територій та об'єктів окремих категорій у природно-заповідному фонді становить (рис. 2): природних заповідників – 5,3 %, біосферних заповідників – 7,3 %, національних природних парків – 24,6 %, заказників – 38,2 %, пам'яток природи – 0,8 %, регіональних ландшафтних парків – 20,1 %, заповідних урочищ – 3,1 %, ботанічних садів – 0,1 %, зоологічних парків – 0,01 %, дендрологічних парків 0,05 %, парків-пам'яток садово-паркового мистецтва – 0,44 %.

За адміністративними одиницями площа ПЗФ України розподілена досить нерівномірно. Найменший показник заповідності, близько 1 %, у Вінницькій, Дніпропетровській та Кіровоградській областях, найбільший – 9,6–14,8 % – у Волинській, Чернівецькій, Закарпатській, Івано-Франківській, Хмельницькій областях, м. Києві, а в м. Севастополі він становить 30,2 %. У Донецькій, Житомирській, Запорізькій, Київській, Луганській, Миколаївській, Одеській, Полтавській, Черкаській, Харківській областях та Автономній Республіці Крим заповідні території складають близько 2–5 %, у Львівській, Рівненській, Сумській, Тернопільській, Херсонській, Чернігівській – 6–9 % [2].



**Невирішені частини загальної проблеми.** Найбільш масштабний проект [3], який нині реалізується у зоні відчуження, – арочне укриття стометрової висоти над саркофагом зруйнованого вибухом енергоблоку ЧАЕС. На його будівництво країни-донори та ЄБРР виділили 740 мільярдів євро. Коли саркофаг із залишками радіоактивного палива та заражених матеріалів буде ізольовано під арочним укриттям, уряд планує розвивати цю територію в кількох напрямках. Головні з них – це створення заповідних територій на менш забруднених землях. На самій ж території ЧАЕС і навколо неї передбачають розвиток інфраструктури з переробки та зберігання радіоактивних відходів.

Чорнобильський радіоекологічний заказник охоплюватиме південну частину зони відчуження, а згодом – перетвориться у міжнародний заповідник, у який увійдуть пост-чорнобильські території України та Білорусі. В заповідній частині зони згорнуть всі роботи з ліквідації наслідків аварії, однак там залишаться пожежні частини з інфраструктурою, бо лісові пожежі можуть викидати у повітря велику кількість радіонуклідів. Нині Чорнобильська зона – найбільша в Європі територія, де практично немає людей, і на багато років уперед можна бути впевненим, що господарська діяльність на більшості території зони не розвиватиметься.

Головний напрямок розвитку зони – робити так, щоб вона стала цивілізованою, щоб не було несанкціонованого проникнення людей і щоб була інфраструктура та заходи безпеки для організованих відвідувачів. Фахівці кажуть, що в зоні вже є території, які можуть вважатися чистими, і які можуть якимось використовуватися. Але експерти вважають, що це перспектива не найближчого часу.

Нові дослідження показали [10], що територія навколо Чорнобильської АЕС більше нагадує заповідник, ніж зону екологічного лиха. Відповідно до планів Кабінету Міністрів України [11] державне агентство з управління зоною відчуження має бути ліквідована до 30-річчя Чорнобильської трагедії, а його місце повинен зайняти Державний концерн по роботі з ядерними матеріалами. На місці самої зони повинен бути створений радіологічний заповідник.

**Виклад основного матеріалу.** Зона відчуження та зона безумовного (обов'язкового) відселення розташована на півночі Київської обл., переважно у міжріччі річок Уж і Прип'ять (рис. 3). Загальна площа ЗВ сягає близько 2500 км<sup>2</sup>. За природно-територіальним районуванням вона входить до складу Київської підпровінції Українського Полісся.

Рельєф характеризується загальним схилом у східному напрямку, наявністю моренно-зандрових, моренно-холмистих і зандрових рівнин, і переважаючими абсолютними висотами 115–140 м над рівнем моря і максимальними підвищенням до 160 м у північно-західній і центральній частинах Зони. Річки Уж і Прип'ять мають широкі до 5–7 км заплавні пониззя з виразними понад заплавними терасами. Крім основних річок, всю територію ЗВ вкриває густа мережа дрібних річок (Сахан, Брагінка, Ілля, Грезля, Вересня та ін.), а на південному-сході вона межує з Київським водосховищем.

У самому центрі ЗВ розташоване велике штучне озеро – водойма-охолоджувач Чорнобильської АЕС, загальною площею водного дзеркала близько 22 км<sup>2</sup>. Крім того, на теренах Зони є чимала кількість інших дрібних озерець льодовикового походження і кілька озерець штучного походження. Характер рельєфу і високий рівень ґрунтових вод обумовлює заболочування значних площ, і лише завдяки розвинутій мережі меліоративних каналів (частина з яких була побудована ще в ХІХ ст.) власне болота займають не більше 2–3 % загальної площі. Завдяки такій розвинутій системі водних об'єктів, різноманіття рослинно-тваринних навколоводних комплексів є характерною рисою Чорнобильської зони.

Зона відчуження та зона безумовного (обов'язкового) відселення – це офіційна назва адміністративно-територіальної одиниці, що об'єднує радіоактивно забруднені землі, з яких у 1986 році було евакуйоване все населення, а також ті території, з яких пе-

редбачалося провести евакуацію в наступні роки. У літературі часто можна зустріти інші, неофіційні назви-синоніми цієї території. В одних випадках це – помилкові сурогатні назви: «30-км зона Чорнобильської АЕС» або «30-км Чорнобильська зона», – бо Чорнобильська зона ніколи не була власне “30-кілометровою” і адміністративно ніколи не була пов’язана з Чорнобильською АЕС, а в інших випадках – це редуковані офіційні назви («Зона відчуження» або «Чорнобильська зона відчуження») [10]. За після аварійний час лісистість території зросла ще більше (до 60–65 %), і цей процес заліснення колишніх агроценозів триває і понині. Залежно від рівня зволоженості і характеру навколишніх лісів вони тією чи іншою мірою поступово вкриваються деревно-чагарниковими заростями. Після лісовпорядкування 1996 р. (і разом з пізнішими додатковими змінами) Зона відчуження була поділена на 13 лісових відділень (рис. 3), а за режимом господарювання – на три зони: охоронну (заповідну), зону обмеженого і зону помірного лісового господарювання. Лісові відділення охоплюють як власне ліси, так і лучні, а місцями – і навколотоводні комплекси.

З погляду на формування місцевих зоологічних комплексів, важливу роль у цьому відіграють такі особливості ЗВ, як її знаходження:

- на перехресті двох великих пташиних міграційних шляхів (весняного – вздовж Прип’яті і осіннього – вздовж Дніпра);

- у місці впадіння Прип’яті в Дніпро і, зокрема, у верхів’ї Київського водосховища;

- на східному краї великих лісових масивів, що простягаються вздовж Прип’яті до самої Польщі;

- поблизу від Поліського заповідника України на заході, Прип’ятського заповідника Білорусі – на північному заході, суміжно з Поліським радіоекологічним заповідником Білорусі (2150 км<sup>2</sup>) на півночі, і поблизу від Дніпровсько-Тетерівського заповідно-мисливського господарства на півдні.

Характерною рисою ЗВ є наявність покинутих населених пунктів (до 70), включаючи міста Прип’ять, Чорнобиль і містечко Чорнобиль-2, а також – кількох промислових територій (у тому числі проммайданчик ЧАЕС). Нині лише близько 15 з них має обмежене населення, і, перш за все, це – м. Чорнобиль і кілька сіл на півдні і заході Зони. По суті, всі колишні населені пункти (села, містечка і міста) слід називати селищами і городищами, тобто такими природно-територіальними комплексами, де свого часу жили люди, але нині залишилися лише кинуті будівлі, конструкції та комунікації. Оскільки людина майже не втручається в хід природних процесів, то такі ПТК все більш дичавіють і отримують природний вигляд. Навіть у м. Чорнобиль і в тих селах, де постійно живуть люди, певна частина територій теж дичавіє.

Зона відчуження є специфічною режимною територією, одним із завдань якої є запобігання виносу радіоактивних речовин за її межі. Тому не всі природні об’єкти та природно-територіальні комплекси людина залишає в недоторканому вигляді. Частина магістральних меліоративних каналів (особливо на лівобережжі Прип’яті) підтримується у працюючому стані; регулюється рівень ґрунтових вод на центральних ділянках ЗВ; побудовані великі захисні протипаводкові дамби вздовж головного русла р. Прип’ять. Вздовж доріг і узлісь регулярно утворюються протипожежні меліоративні смуги.

Проводяться деякі лісівницькі заходи для підтримки лісів у здоровому стані, вбираються згарища, смітники. Зазнали змін і деякі колишні населені пункти, частина забудов була зруйнована і похована. Крім того, продовжують працювати окремі промислові підприємства (ЧАЕС, сховища, могильники та ін.). Втім на більшій частині території ЗВ внаслідок обмеженого господарювання і практично повної відсутності населення *de facto* встановився заповідний режим, що сприяє відтворенню багатих природних комплексів.



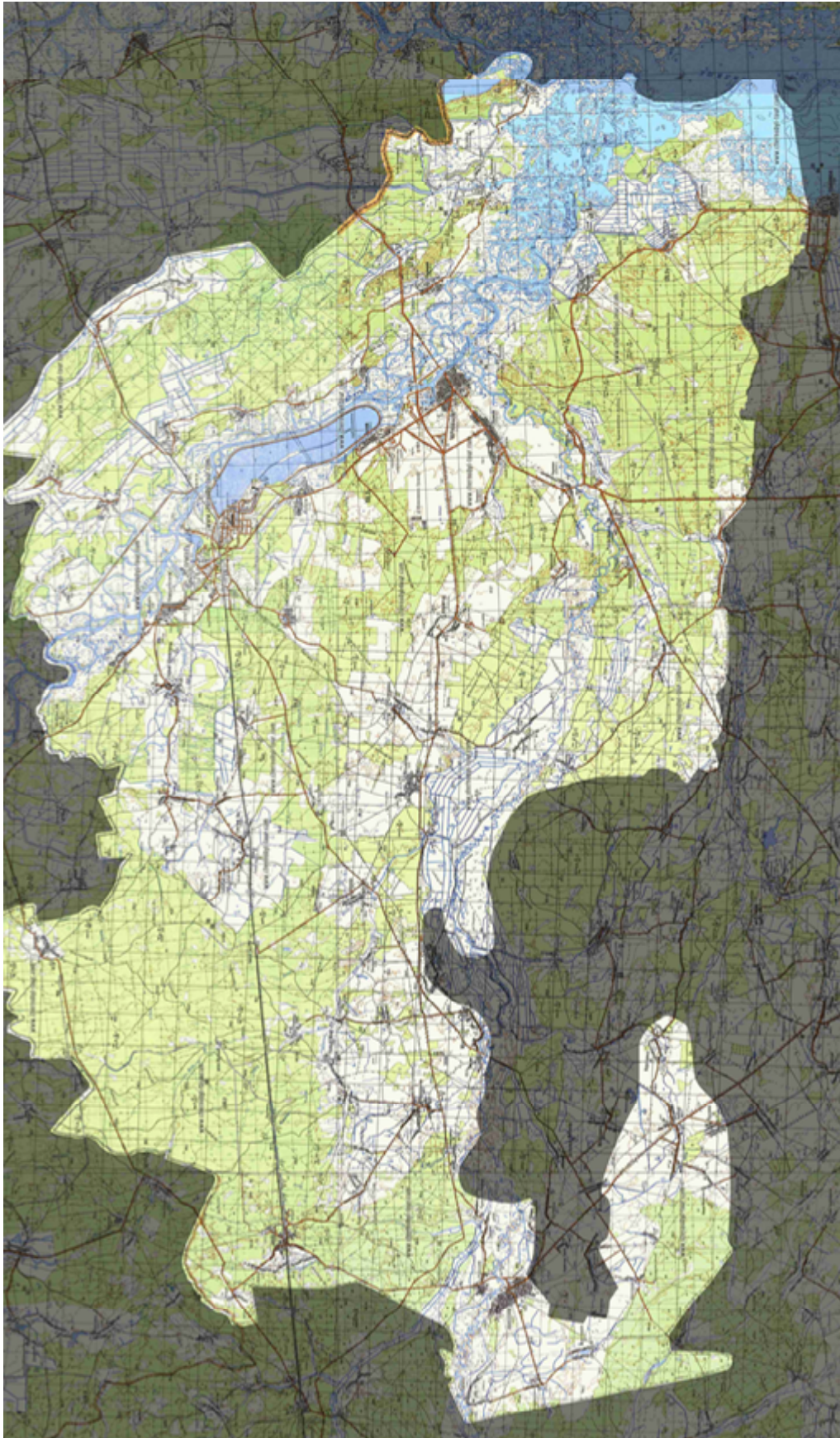


Рис. 3. Зона відчуження

Для здійснення діяльності, спрямованої на перетворення Зони в екологічно безпечний стан, необхідне районування території Зони відчуження [6; 1].

Районування здійснене згідно з переважними видами діяльності в різних частинах Зони, перспективами повернення земель у народногосподарський обіг та цінністю екосистем. Воно провадиться з метою збереження природних багатств Зони та раціонального використання їх у майбутньому для України, з урахуванням:

- нерівномірності радіоактивного забруднення місцевості;
- розміщення пунктах тимчасової локалізації радіоактивних відходів (ПТЛРВ) та пунктах поховання радіоактивних відходів (ППРВ);
- розміщення діючих виробництв та елементів інфраструктури;
- розміщення планованого комплексу виробництв з перероблення та локалізації РАВ;
- різноманітності природних умов окремих районів Зони;
- необхідності збереження заповідних природних об'єктів;
- прогнозів зміни радіоекологічного стану території Зони. Доцільним є розподіл Зони на чотири функціональні частини: промислову, охоронну (буферну), заповідну та зону загального режиму.

Для кожної з них вводиться спеціальний режим, що регламентує види діяльності, кількість і тривалість перебування персоналу (рис. 4).

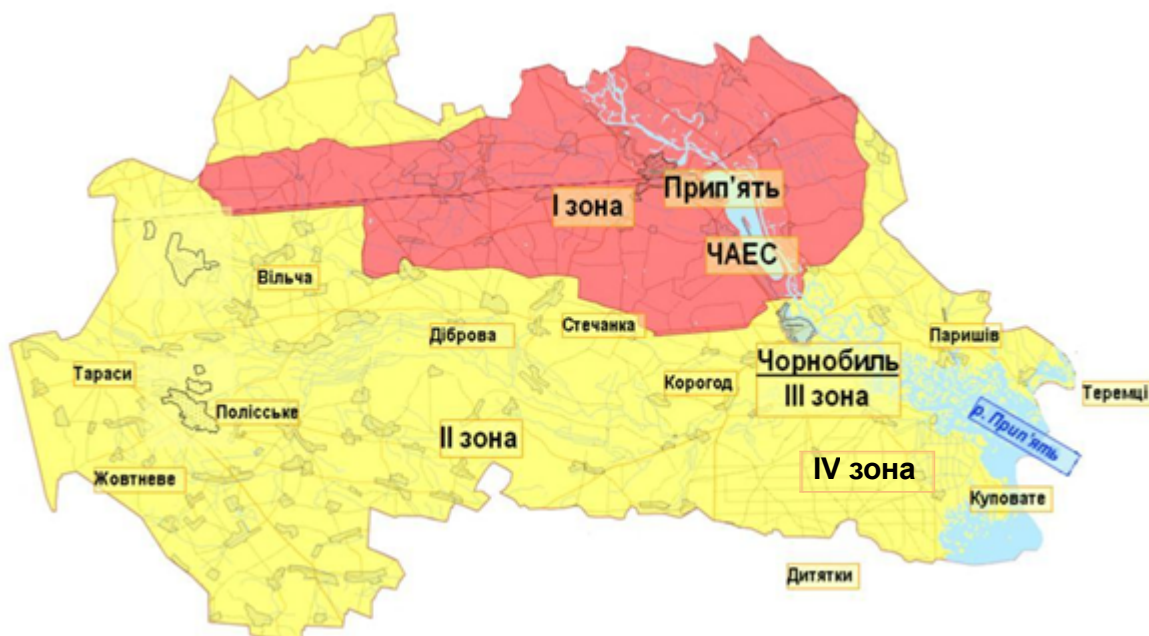


Рис. 4. Зонування зони відчуження

**Промислова зона.** Зона, в якій виконуються основні роботи з метою ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи, складається з двох частин, що відрізняються щільністю та складом радіонуклідного забруднення і характером діяльності:

– умовно «брудна» – територія (I зона), де провадяться роботи для переведення об'єкта «Укриття» у безпечний стан, переробки та збереження РАВ, експлуатації і виведення ЧАЕС з експлуатації, захисту заплави р. Прип'ять від затоплення під час повеней, санітарні та протипожежні заходи в лісах;

– умовно «чиста» – територія (III зона), де зосереджені елементи виробничої діяльності та інфраструктури зони, забезпечує виробничу діяльність.

На цих територіях передбачаються різні регламенти щодо охорони праці та радіаційного захисту персоналу. У «брудній» зоні вводиться особливий санітарно-перепускний режим. Територія промислової зони становить 80–100 км<sup>2</sup>.

**Охоронна (буферна) зона (II зона):** Це територія з невисокими щільностями радіоактивного забруднення, з перспективою повернення в народногосподарський обіг для



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

сільськогосподарського використання в найближчі десятиріччя. Ця зона характеризується обмеженням діяльності відповідно до основних принципів Концепції. В її межах передбачається проведення лісовідновлювальних заходів з урахуванням перспективи повернення цієї території в народногосподарський обіг. Деякі ділянки можуть використовуватись як науково-дослідні та інші полігони.

*Заповідна зона (IV зона).* Система найбільш цінних у природоохоронному та науковому відношенні угідь, які з метою збереження корінних ландшафтів та екосистем Полісся оберігаються від втручання людини. Зона займає не менше 10 % природних угідь. На території цієї зони здійснюється режим заповідності, що виключає порушення природного самовідновлення екосистем, обмежується перебування персоналу згідно зі статусом заповідника. Зона загального режиму. Включає решту зони за винятком щойно перелічених територій. Статус цієї зони визначається як заказник, в якому необхідним є проведення лісо відновлювальних робіт і санітарних заходів, наукових досліджень, а також робіт, спрямованих на дотримання режиму Зони та збереження культурних цінностей.

*Кордони Зони.* Зовнішні кордони визначені нормативними актами, її кордони можуть бути змінені з урахуванням вимог Концепції проживання населення на територіях України з підвищеними рівнями радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, на основі медичних та інших критеріїв проживання населення в екологічно небезпечних районах, після їх уточнення та затвердження в установленому порядку. Територія, що виводиться зі складу Зони для повернення в народногосподарський обіг, передається з відання Адміністрації Зони в установленому порядку і в подальшому положення Концепції на неї не поширюються. Контроль кордонів зони здійснюється з використанням сучасних приймачів та перманентних GNSS-станцій Київської та Чернігівської областей [9].

Довготривале утримання Зони визначається у відповідності з основоположними принципами діяльності, а також з урахуванням:

- невисоких рівнів радіаційного забруднення окремих районів Зони, які не перевищують рівні забруднення прилеглих до Зони територій;
- формування нині, з перспективою удосконалення, розгалуженої сітки моніторингу, що дозволяє швидко реагувати на можливі негативні процеси в екосистемі Зони, які можуть призвести до збільшення міграції РН за її межі.

Діяльність у Зоні, спрямована на утримання території, за необхідності має координуватися з програмою робіт, що виконуються на території Державного Поліського радіоекологічного заповідника в Республіці Білорусь.

Стратегія поводження з об'єктами природного середовища будується на основі функціонального поділу території Зони таким чином.

*Природні угіддя.* В результаті проведеної в 1986–1988 рр. дезактивації найбільш забруднених ділянок Зони частина радіоактивних матеріалів, що попали в природне середовище, була локалізована. Одержаний досвід свідчить про недоцільність і недостатню ефективність проведених заходів, спрямованих на дезактивацію природних угідь та лісних масивів.

У Зоні недоцільно проводити додаткові роботи з метою дезактивації угідь і лісів з метою покращення радіоекологічної ситуації.

У випадку непередбаченого катастрофічного погіршення радіаційної ситуації на обмежених площах необхідність дезактивації угідь та лісів має бути додатково обґрунтована.

Пріоритетна роль належить природному процесу відновлення рослинних та тваринних спільнот з переходом екосистем до стійкого стану, що був характерним для цього району до початку інтенсивної діяльності людини.

Для активізації процесів ландшафтного відновлення на території промислової, буферної зон і зони загального режиму передбачається:

- заліснення ділянок заплавлених територій з вирощуванням насаджень за бездоглядною технологією;
- невтручання у процеси заростання меліоративних каналів для відновлення природно зумовленого рівня ґрунтових вод;
- створення мінералізованих протипожежних смуг із зберіганням природного підросту дерев, що поширювався б від стіни лісу.

У Зоні забороняється використання земель для одержання сільськогосподарської продукції.

Прикордонні ділянки природних угідь, які відповідності до медичних та інших критеріїв придатні для сільськогосподарського використання, мають бути виведені із Зони.

Населені пункти Зони Поверхнєве радіоактивне забруднення території не експлуатованих населених пунктів Зони з будинками та спорудами не відрізняється від радіоактивного забруднення прилеглої до них місцевості. Тому передбачається невтручання у процеси природного руйнування будинків та споруд не експлуатованих населених пунктів Зони, за винятком пам'ятників архітектури, історії та культури, які мають бути збережені. Слід продовжити роботи щодо їх виявлення на території Зони.

Подальшу долю міст Прип'ять і Чорнобиль-2 (зруйнування, демонтаж чи консервацію для можливого використання в майбутньому) необхідно визначити після проведення додаткових досліджень з комплексним аналізом запропонованих рішень.

*Лісові угіддя і протипожежні заходи.* У комплексі лісоохоронних та протипожежних заходів передбачається створення:

- системи контролю за санітарним станом лісів;
- системи штучних бар'єрів по існуючих просіках і лісових дорогах у вигляді розривів;
- системи мінералізованих смуг, що ізольовують ліси від перелогових полів, за межами зон галявин, де наступ лісу на перелоги проходить найбільш інтенсивно;
- системи пожежного спостереження та спеціального зв'язку. Необхідно провести:
  - оснащення пожежних хімічних станцій відповідним устаткуванням;
  - реконструкцію пожежних водоймищ;
  - проведення протипожежних заходів у неексплуатованих населених пунктах Зони.

Державним спеціалізованим виробничим комплексним підприємством «Чорнобиль-ліс» має бути виконано комплекс робіт щодо заліснення перелогових полів, лісовідновлення на згарищах.

Лісогосподарські заходи, що провадяться в інтересах стабілізації екологічної ситуації, здійснюються лише за узгодженням з наглядовими органами.

Лісоматеріали, одержані в результаті санітарних вирубок лісу та розчистки просік, мають використовуватись, насамперед, для внутрішніх потреб Зони.

Вивезення надлишків лісової продукції за межі Зони здійснюється згідно з чинним законодавством.

*Водоохоронна діяльність.* Передбачається:

- підтримання в робочому стані водоохоронних споруд (за винятком меліоративної сітки), що експлуатуються;
- обґрунтування необхідності додаткових (до наявних) водоохоронних заходів, що могли б зменшити міграцію РН за межі Зони і в р. Дніпро, та вибір пріоритетів на підставі аналізу «витрати – користь» з урахуванням внеску джерел, що локалізуються, у колективну дозу опромінення населення України;
- здійснення обґрунтованих, відповідно до викладених вище додаткових водоохоронних заходів [8].

Став-охолоджувач на відповідному етапі робіт по зняттю ЧАЕС з експлуатації підлягає ліквідації із здійсненням заходів щодо запобігання пилового підйому РН з його ложа.



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Система заплавних озер, що залишиться після ліквідації ставу-охолоджувача, разом із о. Глибоке на лівому березі р. Прип'ять, полігоном для організації натурних досліджень.

*Природоохоронна діяльність.* Передбачається проведення заходів, спрямованих на охорону пам'яток природи і визначення об'єктів заповідної зони. Введення нових виробничих потужностей Зони та експлуатація існуючих мають відповідати чинним нормативним актам, що передбачають виконання природоохоронних заходів. Екзогенні геологічні процеси, підтоплення, переосушення, деформація ґрунтів, що супроводжують ландшафтне відновлення, не підлягають коректуванню з боку людини, якщо вони не призводять до збільшення винесення РН із Зони і не заважають нормальній діяльності підприємств Зони.

**Висновки і пропозиції.** Проектована міждержавна природоохоронна територія на р. Прип'ять з українського боку буде охоплювати існуючий одно іменний регіональний ландшафтний парк (44 958 га). Він включає заплавні і долинні комплекси Прип'яті та Стоходу в місці їх злиття. Ліси тут займають близько 24 % площі, болота – 33 %, луки – 8 %, водойми – 5 %. Переважають дубово-соснові і соснові ліси, водна рослинність, болота. Вивчення рослинного світу лише розпочато, виявлено 11 видів з Червоної книги, серед них – щитолісник звичайний, який тут досить чисельний, альдрованда пухирчаста, осока затінкова та інші. У складі фауни 219 видів хребетних, з них 160 птахів, 26 ссавців. Регіон має велике значення для міграції птахів. З боку Білорусі функціонують заказники «Радоставський» і «Званець».

На наше переконання, необхідно продовжувати роботи з організації територій природоохоронного призначення Чорнобильської зони відчуження, яка складається з чотирьох зон: промислової, охоронної (буферної), заповідної зони та кордонів Зони, а також проводити постійний моніторинг стану навколишнього природного середовища Зони та прилеглих територій, прогноз їх змін, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у шпатних або екстремальних умовах.

**Список використаних джерел**

1. *Крячок С. Д.* Кадастрове аерофотознімання локальних техногенних територій із застосуванням малих літальних апаратів / С. Д. Крячок, В. Г. Бурачек // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – К., 2003. – С. 80–83.
2. *Кучерявий В. П.* Екологія / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2000. – 500 с.
3. *Майбутнє Чорнобіля: заповідник, промисловість і ядерний могильник* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.radiosvoboda.org/content/article/24968764.html>.
4. *Пінчук О. В.* Еколого-економічна оцінка забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи територій на Чернігівщині / О. В. Пінчук, В. Ф. Пінчук // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – європейський досвід». – 2011. – Вип. 7. – С. 94–97.
5. *Про затвердження Положень про Проекти організації територій установ природно-заповідного фонду України* : Наказ Мінприроди від 06.07.2005 № 245.
6. *Про затвердження Порядку розроблення проектів землеустрою з організації та встановлення меж територій природно-заповідного фонду, іншого природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення* : Постанова Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 № 1094 // Офіційний вісник України. – 2004. – 10 вересня. – Ст. 2261.
7. *Про природно-заповідний фонд України* : Закон України від 16 червня 1992 року № 2456-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 34. – Ст. 502.
8. *Розроблення технології оцінки стану берегової лінії русел середніх і великих рік України* / В. Глотов, В. Чижевський, О. Терещук, В. Мовенко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2007. – Вип. 1. – С. 180–184.
9. *Терещук О. І.* Досвід функціонування перманентної GNSS-станції «Чернігів» (CNIV) у мережі EPN / О. І. Терещук, І. О. Нисторяк // Технічні науки і технології. – 2015. – № 1 (1). – С. 216–219.

10. *Ученые* назвали Чернобыль возрожденным заповедником [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tech.obozrevatel.com/news/62401-uchenye-nazvali-chernobyil-unikalnyim-zapovednikom.htm>.

11. *Чернобыль* перетворюють на радіологічний заповідник [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pryroda.in.ua/zapzf/chornobyl-peretvoryat-na-radiolohichnyu-zapovidnyk/>.

**Мовенко Віктор Іванович** – старший викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Мовенко Виктор Иванович** – старший преподаватель кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Movenko Victor** – senior lecturer of Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027, Chernihiv, Ukraine).

**Новик Петро Петрович** – старший викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Новик Петр Петрович** – старший преподаватель кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Novyk Petro** – senior lecturer of Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027, Chernihiv, Ukraine).

УДК 631.4

*Олександра Наровлянська*

## МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ОДИНИЦІ

*Александра Наровлянская*

## МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСЬКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ЕДИНИЦЫ

*Oleksandra Narovlianska*

### MONITORING OF AGRICULTURAL LANDS OF A TERRITORIAL UNIT

*На основі аналізу останніх досліджень представлено результати моніторингу стану властивостей ґрунтів ріллі на території Сухополов'янської сільської ради Прилуцького району за період від 5 до 15 років. Дослідження показали, що потужність орного шару в цілому по сільській раді та кислотність ґрунтів збільшилися, тоді як вміст фосфору та калію у ґрунтах ріллі зменшилися. Спрогнозовано зміну основних показників ґрунтів на 2016 рік, наведено рекомендації щодо покращення та підвищення родючості ґрунтів.*

**Ключові слова:** структура землекористування, оптимізація, моніторинг ґрунтів, лесовидні відклади, алювіально-делювіальні відклади, фосфор, калій.

*Рис.: 7. Табл.: 2. Бібл.: 7.*

*На основе анализа последних исследований представлены результаты мониторинга состояния свойств почвы пашины на территории Сухополовьянского сельского совета Прилуцкого района за период от 5 до 15 лет. Исследования показали, что мощность пахотного слоя в целом по сельскому совету и кислотность почв увеличилась, тогда как содержание фосфора и калия в почвах пашины уменьшились. Спрогнозировано изменение основных показателей почв на 2016 год, приведены рекомендации по улучшению и повышению плодородия почв.*

**Ключевые слова:** структура землепользования, оптимизация, мониторинг почв, лесовидные отложения, алювиально-делювиальные отложения, фосфор, калий.

*Рис.: 7. Табл.: 2. Библ.: 7.*

*Based on the analysis of recent research in this paper presents the results of monitoring the state of the soil properties of arable land in the territory of the Suhopolovyanska village council of Pryluky district for a period of 5 to 15 years. Studies have shown that the power of topsoil in the whole village council increased, while the content of humus, phosphorus and potassium in the soil of arable land decreased. Predicted shift key indicators of soil in 2016, are recommendations to improve and increase soil fertility.*

**Key words:** land use structure optimization, the monitoring of soils, loess sediments, alluvial-talus sediments, phosphorus and potassium.

*Fig.: 7. Tabl.: 2. Bibl.: 7.*

**Постановка проблеми.** Зміни в економіці господарювання вимагають від виробника сільськогосподарської продукції якісно нових і науково-стандартизованих вимог до формування оптимальної економіко-виробничої структури і спеціалізації, в той же час, задовольняючи вимоги територіальної одиниці – сільради.

Соціально-економічні заходи організації виробництва в межах окремої територіальної одиниці – територіальної громади (сільської ради) потребують створення економічних умов для її розвитку і водночас формування раціональної структури кожного землекористування на основі раціонального екологічно безпечного використання земель, збереження і підвищення родючості ґрунтів, охорони навколишнього природного середовища, визначення оптимальної структури землекористування, яка б збагачувала ґрунтовий покрив, підвищувала родючість землі та економіку території.

Запас біомаси біоценозів, її структура і динаміка неоднакові в різних природних зонах. В абсолютній більшості наземних біоценозів зелені рослини (автотрофи) мають найбільшу біомасу і річний приріст (первинну продукцію). Надземний і кореневий шар розпаду і продукти метаболізму вищих рослин дають основний матеріал, з якого формується органічна речовина ґрунтів.

Фосфор наявний у ґрунті в дуже незначних кількостях: валовий вміст  $P_2O_5$  становить не більше 0,1–0,2 %. Фосфор у ґрунті присутній у складі гумусу, органічних залишків, у мінеральній частині ґрунтів у складі апатитів, вторинного болотного мінералу.

Вміст  $K_2O$  (калію) становить у ґрунтах 2–3 %. Калій відноситься до числа органічних, необхідних для розвитку рослин. У багатьох випадках калій може бути в дефіциті, у зв'язку з чим його внесення у ґрунт позитивно позначається на родючості [1].

Все вищевказане говорить про важливість моніторингових досліджень не тільки земельного фонду України в цілому, але й окремої територіальної одиниці.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз розвитку аграрних формувань визначено у працях видатних учених: В. Я. Месель-Веселяка, О. Онищенко. Проблеми моніторингу ґрунтового покриву і земель розглянуті у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Їх вивчали: М. В. Вишиванок, Ю. М. Дмитрук, О. О. Дорожинська, В. В. Медведєв, Р. М. Панас, Л. М. Перович, Ю. С. Петлюх та ін.

Так, В. В. Медведєв [2; 3] вважає, що для України, враховуючи строкатість її природно-господарських умов, можна використовувати декілька комбінацій моніторингу ґрунтового покриву, причому його мережа повинна бути створена з урахуванням європейських підходів, бо рано чи пізно вона стане його невід'ємною частиною.

Ю. М. Дмитрук зазначає, що для корінних змін і прогресу моніторингу земель в Україні насамперед треба завершити державну стандартизацію аналітичних робіт, відбирання зразків, термінології, оцінки ґрунтів і ландшафтів, що дасть змогу проводити контроль за єдиною методикою, порівнювати та обмінюватися даними з іншими країнами (наприклад, Польщею, Німеччиною, Австрією), особливо за виникнення різних кризових ситуацій [4].

На думку науковців Прикарпатського університету імені Василя Стефаника, для моніторингу земель сільськогосподарського призначення й земельних відносин загалом необхідно використовувати технології, що були б наближені до природно-кліматичних умов, а також були адаптовані до динамічних екологічних і соціально-економічних факторів впливу.

За свідченням Л. М. Перовича [5], в умовах ринку набуває актуальності кадастровий моніторинг земель, завданням якого є систематизація кадастрових даних та створення відповідної картографічної документації, яка б дала змогу приймати відповідні управлінські рішення щодо раціонального та ефективного використання та охорони земель тощо.

**Мета статті.** На основі аналізу останніх досліджень у цій роботі представити результати моніторингу стану властивостей ґрунтів ріплі на території Сухополов'янської сільської ради Прилуцького району за період від 5 до 15 років. Проаналізувати стан орного шару по територіальній одиниці, спрогнозувати його зміну, дати рекомендації щодо покращення та підвищення родючості ґрунтів.

**Виклад основного матеріалу.** Завдяки поєднанню економічно виваженої пропорційності розвитку всіх необхідних напрямів виробництва на території територіальної одиниці спостереження за станом ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення визначалось по агроформуваннях. Для визначення можливої економічної моделі та структури спеціалізації у проєкті використовувалась модель оптимальної виробничо-галузевої структури та площ. Це розроблялось власне як проєкт еколого-економічного обґрунтування по агроформуваннях.

Об'єктом для проведення моніторингу стали землі сільськогосподарського призначення Сухополов'янської сільської ради Прилуцького району загальною площею 570,6652 га (рілля). Вся обстежена територія відноситься до умовно чистої згідно із Законом України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи».

За природними та кліматичними умовами територія відноситься до низинного ліво-бережного лісостепу Яготинсько-Золотоніського агроґрунтового району, що за кількістю тепла, світла, вологи сприятлива для вирощування всіх районованих сільськогосподарських культур.

У геоморфологічному відношенні рілля на території сільської ради являє собою слабо хвилясту рівнину з невисокими плавними підвищеннями, а також з вираженим мікрорельєфом у вигляді дрібних западин.

Найбільш поширеними на території є лесовидні відклади та сучасний алювій.

Лесовидні відклади мають найбільше поширення. Вони являють собою добре відсортовані палевого кольору породи, які є найбільш цінними ґрунтоутворюючими породами.

Сучасні алювіально-делювіальні відклади утворились внаслідок перевідкладення та осідання слабо відсортованих змитих і перенесених делювіальними водами часток ґрунту, які зазнавали та зазнають ерозії на схилах балок і вододілів.

Ґрунтовий покрив на території земель сільськогосподарського призначення на території Сухополов'янської сільської ради дуже різноманітний і представлений 21 агрови-робничою групою. Переважно це ґрунти VII класу, тобто низькоякісні ґрунти.

На першому етапі польових ґрунтових обстежень на загальній площі 570,6652 га в господарстві було відібрано 74 ґрунтові зразки та обстежено. За кожним зразком виконано агрохімічне дослідження на вміст рухомого фосфору, обмінного калію та на кислотність. За результатами аналізів 2010 року були складені картограми кислотності ґрунтів, рухомих форм фосфору та обмінного калію (рис. 1, 2, 3).



Рис. 1. Картограма вмісту рухомих форм фосфору

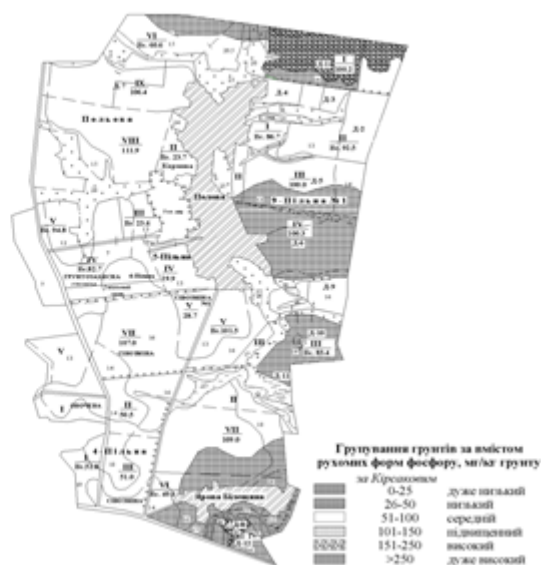


Рис. 2. Картограма вмісту обмінного калію

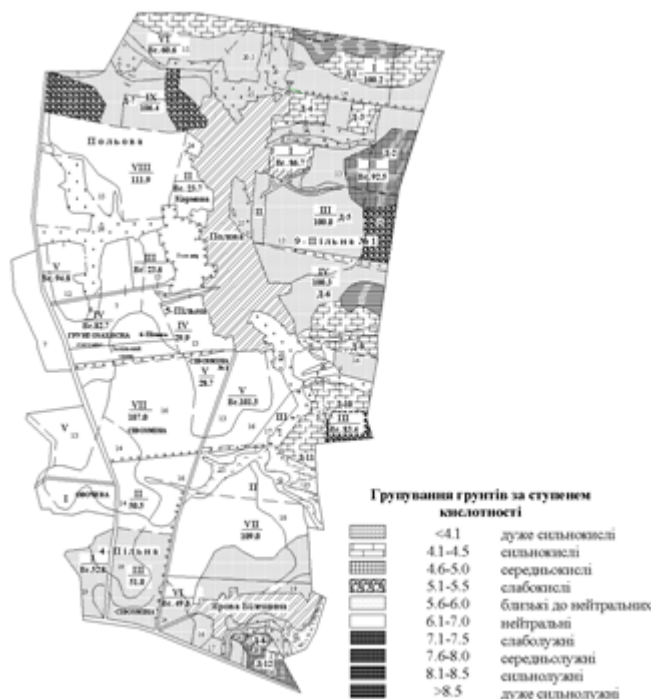


Рис. 3. Картограма кислотності ґрунтів

У табл. 1 представлено дані зміни потужності орного шару та основних властивостей ґрунтів ріллі за тривалий період (від 5 до 15 років). Інформація свідчить, що потужність орного шару збільшилася на 4,1 см (17,1 %) за рахунок орання підорного шару.

Таблиця 1

Зміна основних властивостей ґрунтів ріллі територіальної одиниці в часі

Роки обстеження	Потужність орного шару, см	Вміст										
		рухомих форм фосфору, мг/кг ґрунту			обмінного калію, мг/кг ґрунту		кислотність ґрунтів, мг/кг ґрунту					
		середній	підвищений	високий	низький	середній	дуже сильнокислі	сильнокислі	середньокислі	слабокислі	близько до нейтральних	нейтральні
2000	24,0	217,9	455,2	11,6	477,9	128,9	32,9	167,2	208,8	101,9	14,0	7,0
2001	24,3	216,8	451,7	11,4	477,0	128,6	33,3	168,8	211,7	102,7	14,2	7,1
2002	24,5	215,7	447,9	11,4	476,2	128,4	33,4	170,4	212,8	104,7	14,3	7,1
2003	24,7	214,0	443,0	11,2	475,5	128,2	33,6	172,4	214,0	105,1	14,3	7,2
2004	25,6	211,4	439,5	11,1	474,2	127,9	34,1	173,9	216,8	105,8	14,6	7,3
2005	26,0	209,2	436,9	11,1	473,1	127,6	34,5	175,6	219,2	106,9	14,7	7,4
2006	26,4	206,1	427,1	11,0	471,5	127,2	34,8	177,2	221,7	107,7	14,8	7,4
2007	26,5	202,7	416,8	10,8	470,0	126,7	35,2	179,1	223,0	108,0	15,0	7,4
2008	26,8	200,4	405,7	10,7	468,1	126,4	35,5	181,5	225,4	110,7	15,1	7,5
2009	26,9	197,2	394,4	10,4	465,2	125,8	35,8	182,9	228,7	112,4	15,3	7,7
2010	27,0	192,2	386,5	10,3	463,9	125,1	36,3	184,0	232,0	113,3	15,6	7,8
2011	27,3	189,1	378,1	10,2	462,0	124,7	36,6	185,9	234,7	115,1	15,7	7,9
2012	27,5	185,4	371,4	10,1	460,7	124,2	36,7	187,0	236,8	116,9	15,9	7,9
2013	27,6	180,1	365,4	9,7	458,9	123,9	36,9	188,5	239,8	118,1	16,4	8,1
2014	27,7	179,2	359,2	9,7	458,1	123,8	37,1	190,4	240,1	120,4	16,5	8,2
2015	28,1	177,5	352,0	9,6	457,2	122,5	37,2	191,7	242,7	120,7	16,6	8,2
%	+17,1	-18,5	-22,7	-17,2	-4,3	-5,0	+13,1	+14,7	+16,2	+18,5	+18,6	+17,4

Спостерігається зменшення в середньому на 19,5 % вмісту в ґрунтах сільради рухомих сполук фосфору. Взагалі відсутні ділянки з дуже високим умістом фосфору, натомість у наявності з середнім, підвищеним та високим. Аналогічна тенденція спостерігається щодо динаміки вмісту обмінного калію. Ділянки з підвищеним, високим та дуже високим вмістом обмінного калію відсутні, а наявні з низьким та середнім вмістом калію погіршилися на 16,4 %. Через катастрофічне зменшення обсягів унесення хімічних меліорантів і застосування переважно фізіологічно кислих мінеральних добрив відчуження кальцію та магнію з ґрунту значно перевищує їх надходження.

Тому відбувається значне підкислення ґрунтів. У середньому підкислення ґрунтів по територіальній одиниці збільшилося на 10,9 %, а це загрожує тим, що фосфорна кислота просто не засвоюється рослинами. Висока кількість цих солей у ґрунті може призвести до того, що калій, фосфор, та інші практично не проникають у тканини рослини і сприяють зниженню врожайності.

Загалом, родючість ґрунтів та агроекологічна ситуація сільради задовільна та для покращення якості ґрунтів потрібно вжити відповідні заходи:

- розробити проекти рекультивації порушених земель;
- захистити землі від підтоплення, заболочення, вторинного засолення, висушування та ін.;
- систематично застосовувати органічні добрива;
- провести вапнування полів з кислою реакцією ґрунтового середовища.

Проаналізувавши стан орного шару по територіальній одиниці, можемо спрогнозувати його зміну для кожного з 12 показників, наведених у табл. 2. Для цього побудуємо лінійну трендову модель за методом найменших квадратів. У ролі незалежної змінної виступає умовний відлік часу, порядковий номер року (2000 р. – 1, 2001 р. – 2, ..., 2015 р. – 16).

Оскільки коефіцієнти детермінації усіх побудованих моделей більші від 0,97, то моделі (очевидно) є адекватними. Результати побудови моделей представлені на рис. 4–7.

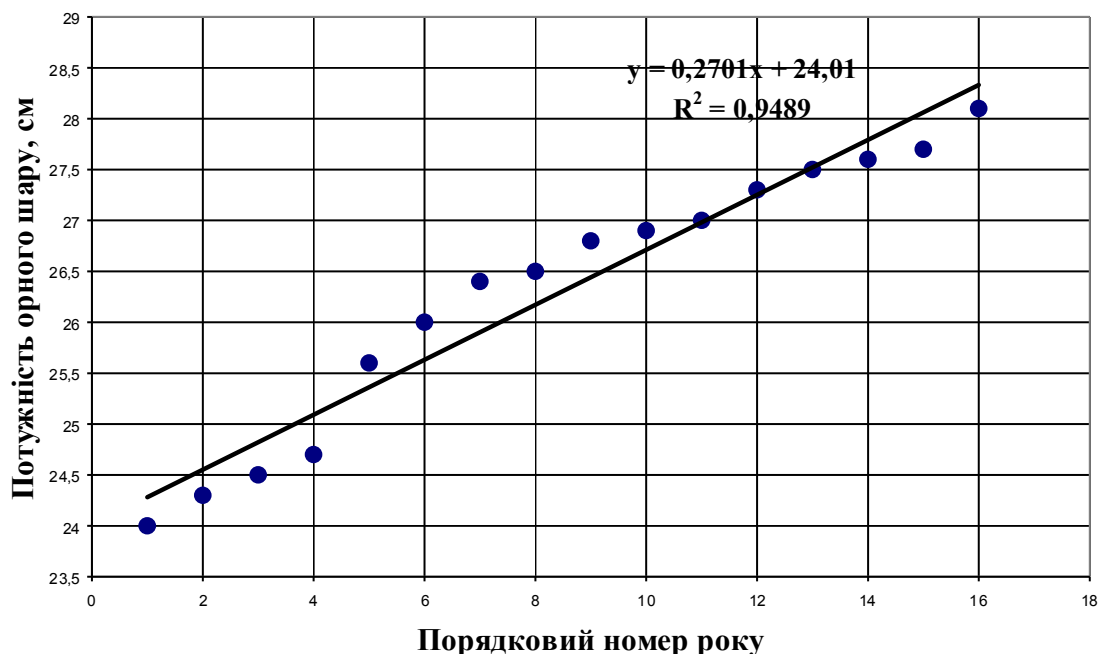


Рис. 4. Побудова моделі потужності орного шару

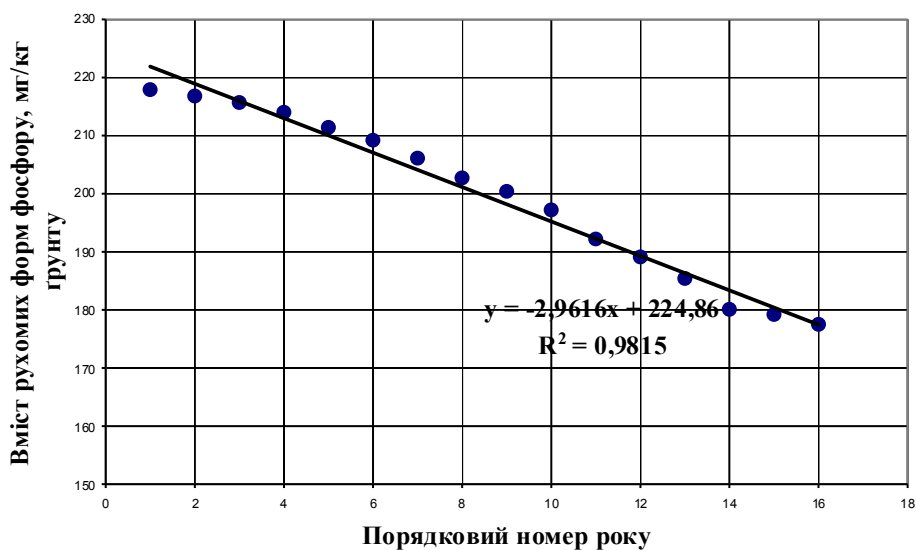


Рис. 5. Побудова моделі фосфору середнього

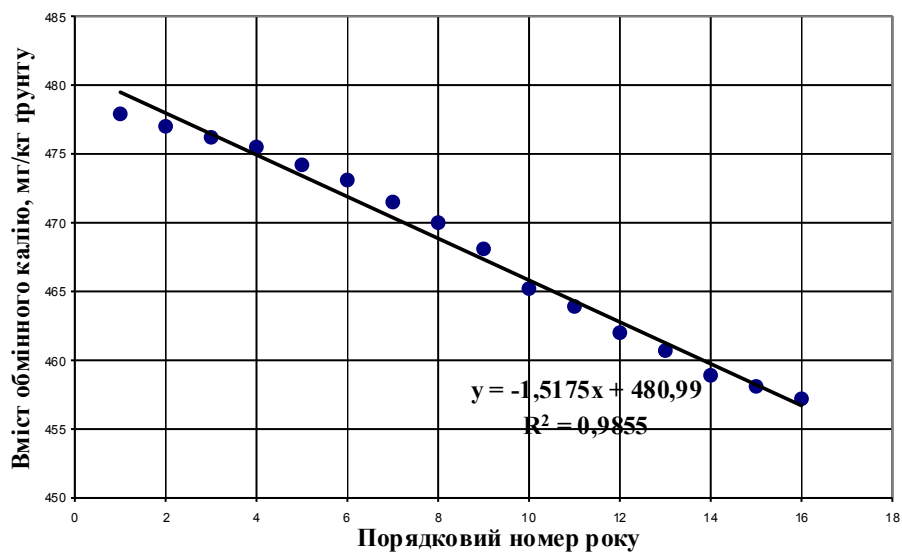


Рис. 6. Побудова моделі калію низького

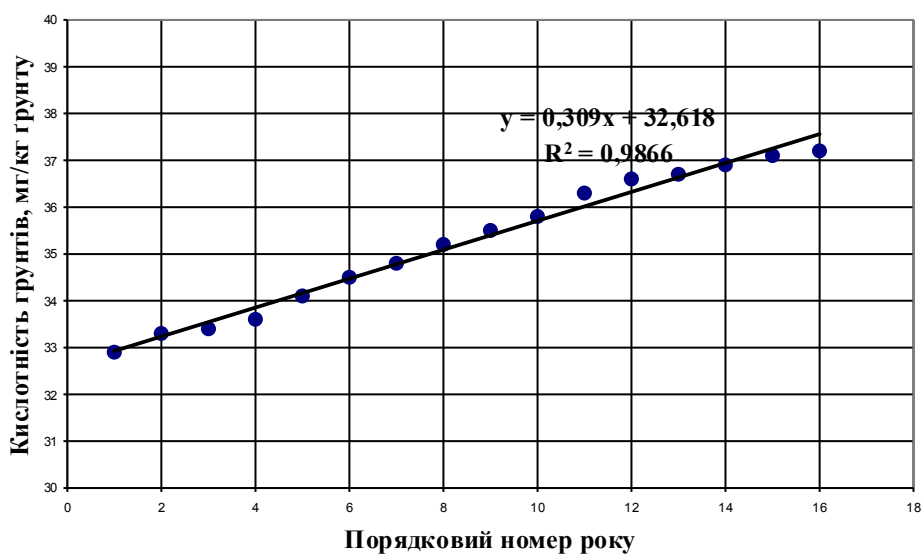


Рис. 7. Побудова моделі кислотності дуже сильної

Здійснюємо точковий прогноз значення кожного з показників для 2016 року ( $t = 17$ ).

Для здійснення інтервального прогнозу обчислюємо граничну похибку прогнозу за формулою:

$$\delta = t_{\gamma} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

де  $t_{\gamma} = 2,131$  – табличне значення критерію Стюдента при рівні значущості  $\gamma = 0,05$  та відповідному числі ступенів свободи  $n - 1 = 15$ ;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення результативного показника.

Кінцеві результати зміни основних властивостей ґрунтів по всіх 12 показниках наведені в табл. 2.

Таблиця 2

*Прогнозування зміни основних властивостей ґрунтів територіальної одиниці на 2016 рік*

Показник	Лінійна модель	Точковий прогноз	Інтервальний прогноз	
			Нижня межа	Верхня межа
Потужність орного шару, см	$y_x = 0,2701 \cdot t + 24,01$	28,60	27,92	29,28
Вміст рухомих форм фосфору середній, мг/кг ґрунту	$y_x = -2,9616 \cdot t + 224,86$	174,51	167,17	181,85
Вміст рухомих форм фосфору підвищений, мг/кг ґрунту	$y_x = -7,4903 \cdot t + 471,84$	344,50	325,93	363,07
Вміст рухомих форм фосфору високий, мг/кг ґрунту	$y_x = -0,1366 \cdot t + 11,805$	9,48	9,14	9,82
Вміст обмінного калію низький, мг/кг ґрунту	$y_x = -1,5175 \cdot t + 480,99$	455,19	451,44	458,94
Вміст обмінного калію середній, мг/кг ґрунту	$y_x = -0,4166 \cdot t + 129,79$	122,71	121,68	123,74
Кислотність ґрунтів, мг/кг ґрунту дуже сильнокислі	$y_x = 0,309 \cdot t + 32,618$	37,87	37,11	38,63
Кислотність ґрунтів, мг/кг ґрунту сильнокислі	$y_x = 1,6534 \cdot t + 165,73$	193,84	189,78	197,90
Кислотність ґрунтів, мг/кг ґрунту середньокислі	$y_x = 2,3421 \cdot t + 205,61$	245,43	239,66	251,20
Кислотність ґрунтів, мг/кг ґрунту слабокислі	$y_x = 1,2935 \cdot t + 99,655$	121,64	118,43	124,85
Кислотність ґрунтів, мг/кг ґрунту близько до нейтральних	$y_x = 0,1768 \cdot t + 13,685$	16,69	16,25	17,13
Кислотність ґрунтів, мг/кг ґрунту нейтральні	$y_x = 0,0835 \cdot t + 6,865$	8,28	8,07	8,49

**Висновки.** На прикладі Сухополов'янської сільської ради був проведений моніторинг ріллі.

Аналізуючи стан агрохімічних показників ґрунтів, слід зазначити їх деяке погіршення. Намітилась тенденція до зменшення у землях сільськогосподарського призначення вмісту рухомого фосфору та обмінного калію. Масштабним проявом є процеси підкислення. Для поліпшення агрохімічних показників ґрунтів необхідно систематично вносити органічні і мінеральні добрива, а також регулярно проводити заходи щодо покращення та підвищення родючості ґрунту.

Загалом, родючість ґрунтів та агроекологічна ситуація територіальної одиниці виявилася задовільною.

#### Список використаних джерел

1. Горбунов Н. И. Минералогия и физическая химия почв / Н. И. Горбунов. – М. : Наука, 1978. – 292, [2] с.



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

2. *Медведев В. В.* Родючість ґрунтів (моніторинг та управління) / В. В. Медведев. – К. : Урожай, 1962. – 246 с.

3. *Медведев В. В.* Моніторинг почв України. Концепція, попередні результати, задачі / В. В. Медведев. – Х. : Антиква, 2002. – 428 с.

4. *Дмитрук Ю. М.* Прикладні аспекти генерації гідрологічно-коректних та екологічно-відповідних цифрових моделей місцевості / Ю. М. Дмитрук, В. Р. Черлінка // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – Івано-Франківськ, 2013. – № 1 (7). – С. 126–131.

5. *Перович Л.* Кадастровий моніторинг земель / Л. Перович, Л. Винарчик // Геодезія, картографія та аерофотознімання. – 2009. – № 73. – С. 97–101.

6. *Класифікація сільськогосподарських земель як наукова передумова їх екологічно-безпечного використання* / Д. С. Добряк, О. П. Канащ, Д. І. Бабміндра, І. А. Розумний. – 2-ге вид., доповн. – К. : Урожай, 2009. – 464 с.

7. *Земельний кодекс України від 25 жовтня 2001 р. № 2768-III* // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41. – Ст. 546.

**Наровлянська Олександра Юріївна** – викладач, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Наровлянская Александра Юрьевна** – преподаватель, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Narovlianska Oleksandra** – lecturer, Chernihiv National University of Technology (4 Bielova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: narovlyanskaya1991@gmail.com

УДК 624–057 (477.51)

*Віктор Бугай, Володимир Іванишин, Валентин Дудко*

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЛЯНКИ ПІД БУДІВНИЦТВО  
П'ЯТИПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ НА ВУЛИЦІ  
НЕЗАЛЕЖНОСТІ У ІІІ МІКРОРАЙОНІ МАСИВУ «МАСАНИ» В М. ЧЕРНІГОВІ**

*Віктор Бугай, Владимир Иванишин, Валентин Дудко*

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКА  
ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО ПЯТИЭТАЖНОГО ЖИЛИЩНОГО ДОМА НА УЛИЦЕ  
НЕЗАВИСИМОСТИ В ІІІ МИКРОРАЙОНЕ МАССИВА «МАСАНЫ»  
В Г. ЧЕРНИГОВЕ**

*Viktor Buhay, Volodymyr Ivanyshyn, Valentyn Dudko*

**GEOTECHNICAL STUDIES FOR CONSTRUCTION SITES OF 5-STOREY  
RESIDENTIAL BUILDING ON NEZALEZHNOСТИ STREET IN THE ІІІ DISTRICT  
ARRAY «MASANY» IN CHERNIHIV**

*Викладено результати інженерно-геологічних досліджень ділянки під будівництво житлового будинку в місті Чернігові. На їх підставі встановлено, що досліджена товща ґрунтів неоднорідна. В ній виділено тринадцять інженерно-геологічних елементів. Поверхня ґрунтових вод знаходиться на глибині 2,5–3,1 м. Рівень їх може піднятися при значних атмосферних опадах і таненні снігу. Через можливе підтоплення чи сезонне затоплення ділянки необхідно передбачити її дренаж, гідроізоляцію фундаменту, регулювання поверхневого стоку, облаштування водонесучих комунікацій.*

**Ключові слова:** ґрунти, вишукування, інженерно-геологічні елементи, зондування, фундамент.

*Рис.: 5. Табл.: 1. Бібл.: 14.*

*Изложены результаты инженерно-геологических исследований участка под строительство жилищного дома в городе Чернигове. На их основании установлено, что исследованная толща грунтов неоднородная. В ней выделено тринадцать инженерно-геологических элементов. Поверхность грунтовых вод находится на глубине 2,5–3,1 м. Их уровень может подняться при значительных атмосферных осадках и таянии снега. Из-за возможного подтопления или сезонного затопления участка необходимо предусмотреть его дренаж, гидроизоляцию фундамента, регулирование поверхностного стока, оборудование водонесущих коммуникаций.*

**Ключевые слова:** грунты, изыскания, инженерно-геологические элементы, бурение, зондирование, фундамент.

*Рис.: 5. Табл.: 1. Библ.: 14.*

*The article presents the results of geotechnical studies plot for construction of a house in Chernigov. Based on their established that the investigated soil thickness is not uniform. It allotted thirteen geotechnical elements. The surface of the*

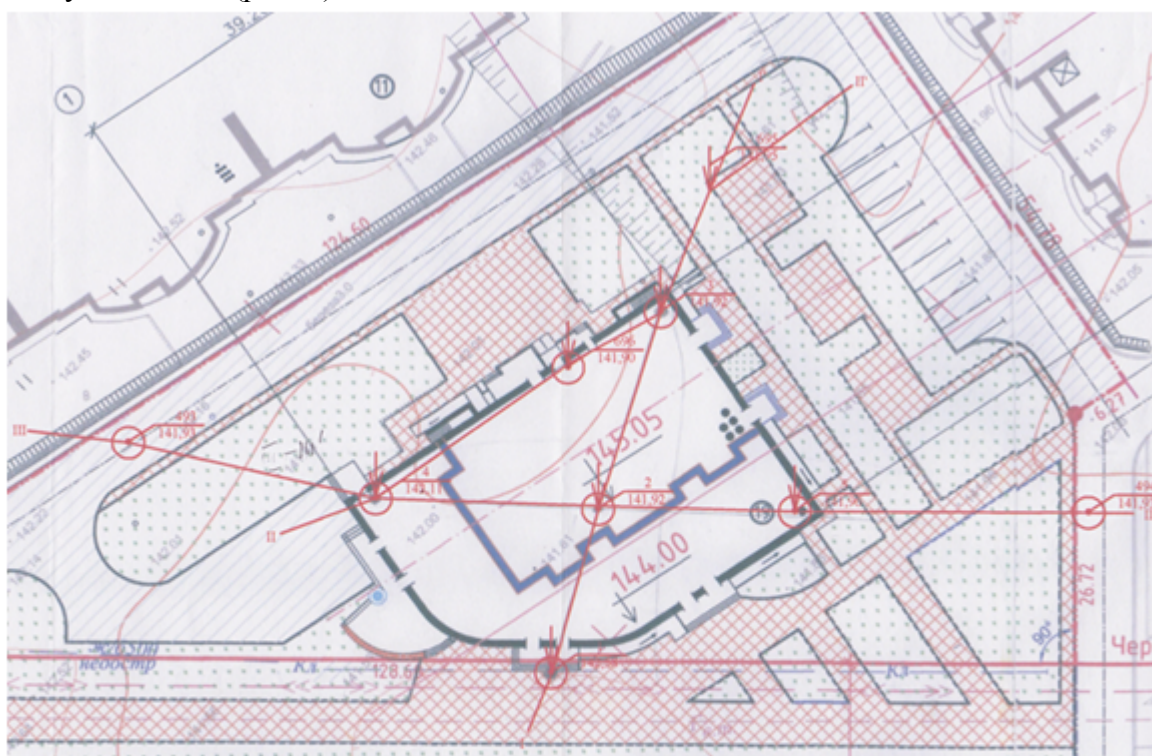
ground water at a depth of 2,5–3,1 m. The level they can rise with significant rainfall and melting snow. Due to possible flooding or seasonal flooding of areas necessary to provide drainage her basement waterproofing, regulation of runoff, construction of water-bearing communications.

**Key words:** soils, surveying, geotechnical elements sensing the foundation.

Fig.: 5. Tabl.: 1. Bibl.: 14.

**Постановка проблеми.** На території міста Чернігова четвертинні відклади, на яких будуються будівлі, споруди, неоднорідні за літологією, міцністю, товщиною. Різна також глибина залягання ґрунтових вод, різні властивості води. Ці обставини створюють проблеми у процесі виконання будівельних робіт і експлуатації об'єктів. Для вирішення їх необхідно проводити детальні інженерно-геологічні дослідження кожної ділянки відведеної під будівництво, незалежно від розмірів її та віддаленості від неї уже зведених будівель, споруд.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Досліджувана ділянка знаходиться в північній частині міста Чернігова, на вулиці Незалежності в III мікрорайоні житлового масиву «Масани» (рис. 1).



**УМОВНІ ЗНАКИ:**

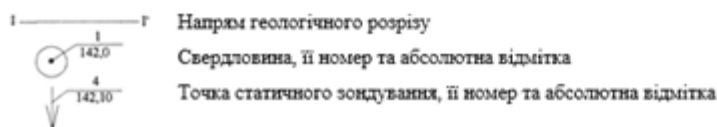


Рис. 1. Оглядова карта

Інженерно-геологічні дослідження її виконані товариством з обмеженою відповідальністю «Чернігівбудрозвідання» у лютому 2016 року згідно з договором №01-48/15 та технічним завданням головного інженера проекту. За цим договором завдання полягало у вивченні інженерно-геологічних умов ділянки під будівництво п'ятиповерхового житлового будинку на пальовому фундаменті. Винесення в натуру геологічних виробок та точок проведення дослідних робіт проведено на основі топографічного плану масштабу 1:500 та генерального плану масштабу 1:1000. Дослідження виконувалися згідно з державними будівельними нормами, правилами і стандартами [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8].

Під час виконання вишукувань враховані результати інженерно-геологічних досліджень у районі цієї ділянки в 1990, 1992 та 2012 роках. Інженерно-геологічні вишукування на стадії реалізації технічного проекту забудови III мікрорайону за генеральним планом № 1 виконані Чернігівським відділом комплексних вишукувань (ВКВ) УкрГІІНТИЗ У 1990 році. При цих дослідженнях територія мікрорайону була розбурена за стійкою 100×100 м, виконаним статичним зондуванням ґрунтів за сіткою 100×50 м, радіокаротажними роботами за сіткою 100×200 м. Крім цього, у чотирьох точках виконані штамподосліди, у трьох пунктах – дослідження еталонними палями, геофізичні роботи (вертикальне електричне зондування, виміри питомого електричного опору ґрунтів, дослідження наявності блукаючих струмів «земля-земля») тощо.

У 1992 році на цій території державним підприємством «Чернігівбудрозвідування», яке було створено на базі відділу комплексних вишукувань УкрГІІНТИЗу виконувалися інженерно-геологічні вишукування для робочої документації під забудову I та II містобудівних комплексів мікрорайону за генеральним планом № 1.

Для обґрунтування робочого проекту забудови I та II житлово-будівельного комплексу (ЖБК) було пробурено 31 свердловину, пройдено два шурфи для відбору монолітів ґрунтів, здійснено статичне зондування в 38-ми точках, радіоактивний каротаж у 19 свердловинах, 12 дослідів ґрунтів еталонною палею, 11 дослідів статичним навантаженням на штамп.

При вишукуваннях безпосередньо на ділянці, яка розглядається, та поблизу неї (не більше 30 м) пробурено 3 свердловини та виконано статичне зондування в 4 точках. Свердловина № 493 пробурена за 27 м на захід від ділянки, а свердловина № 494 за 30 м на схід від неї. Точка статичного зондування (ТСЗ) № 696 знаходиться у крайній північній частині ділянки.

Всі отримані результати раніше виконаних робіт на ділянці та поблизу неї використані при роботах 2012 року. Згідно з ДСТУБВ.2.1-27:2010 та СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» додатково здійснено статичне зондування ґрунтів та бурові роботи у п'ятьох точках. Результати попередніх вишукувань на цій ділянці не публікувалися. Опубліковані результати аналогічних досліджень на інших ділянках м. Чернігова [9; 10; 11; 12; 13; 14].

**Мета статті.** Головною метою статті є видача, на підставі результатів детальних інженерно-геологічних досліджень, рекомендацій будівельникам для використання при зведенні стійкого, надійного, екологічно безпечного будинку.

**Виклад основного матеріалу.** Геоморфологічно ділянка робіт знаходиться на Чернігівсько-Городнянській моренно-зандровій рівнині, у приводороздільній частині рік Стрижень та Білоус, у басейні ріки Білоус. Рельєф ділянки полого рівнинний, нахилений на південь. Абсолютні відмітки поверхні землі змінюються від 141,8 до 142,3 м. Це найнижча ділянка мікрорайону, через яку відбувається поверхневий стік.

Нині вона перекрита вулицею Незалежності, знаходиться на незабудованій її стороні. У південній частині покрита насипним ґрунтом висотою до 0,7 м. Паралельно до червоної лінії вирита траншея глибиною до 4,5 м, яка частково заповнена насипним ґрунтом. Ґрунт зимою промерзає на глибину до 1,5 м.

За схемою тектонічного районування ділянка знаходиться у північно-західній частині Дніпровсько-Донецької западини з потужним комплексом осадових порід.

У лютому 2016 року на ділянці пробурено п'ять свердловин до глибини 15 м та виконано статичне зондування в п'яти точках. За результатами буріння на основі номенклатурного виду ґрунтів з урахуванням лабораторних досліджень, даних статичного зондування та результатів вишукувань минулих років укладені інженерно-геологічні розрізи I-I', II-II', III-III' (рис. 2, 3, 4, 5). У розкритих свердловинами розрізах виділено дванадцять (I-XII) інженерно-геологічних верств (таблиця).

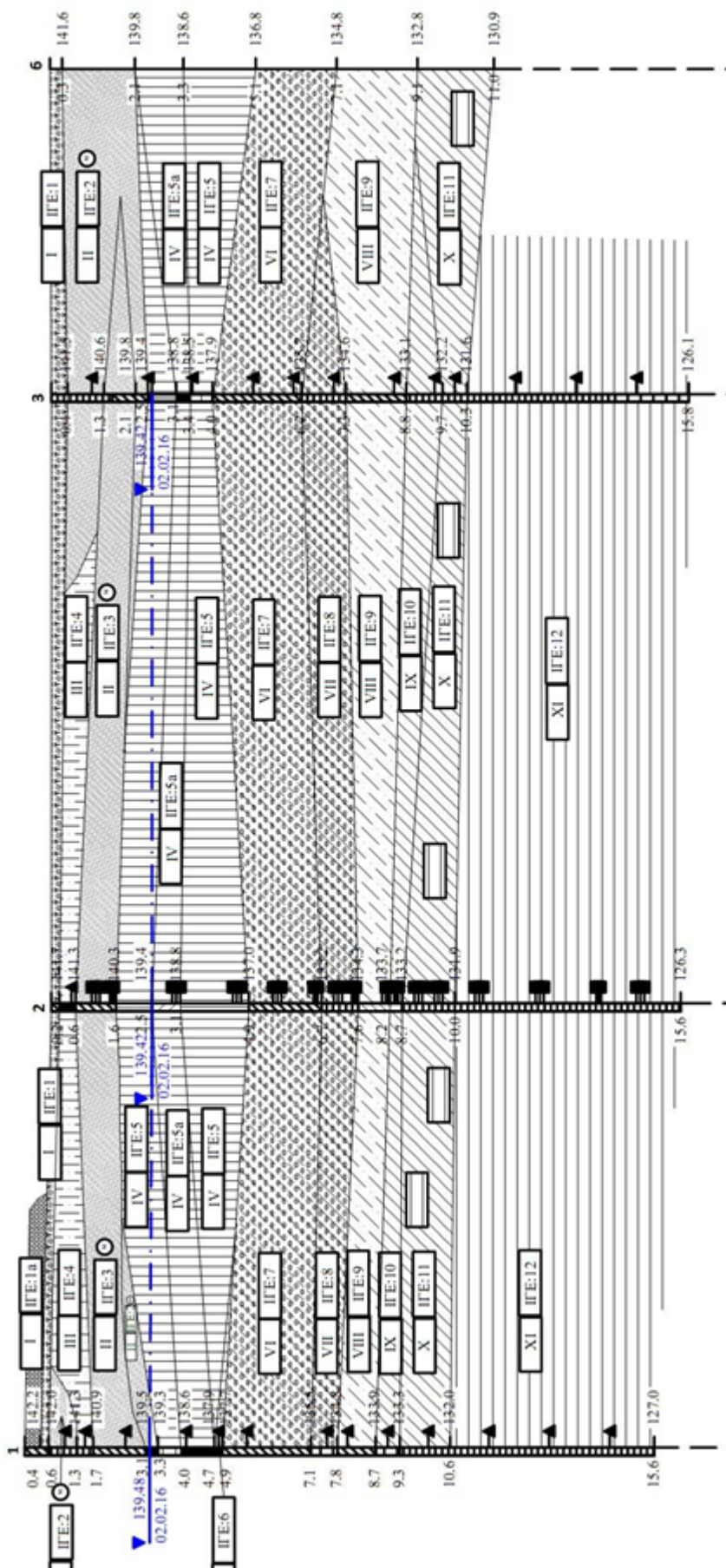


Рис. 2. Інженерно-геологічний розріз I-I'



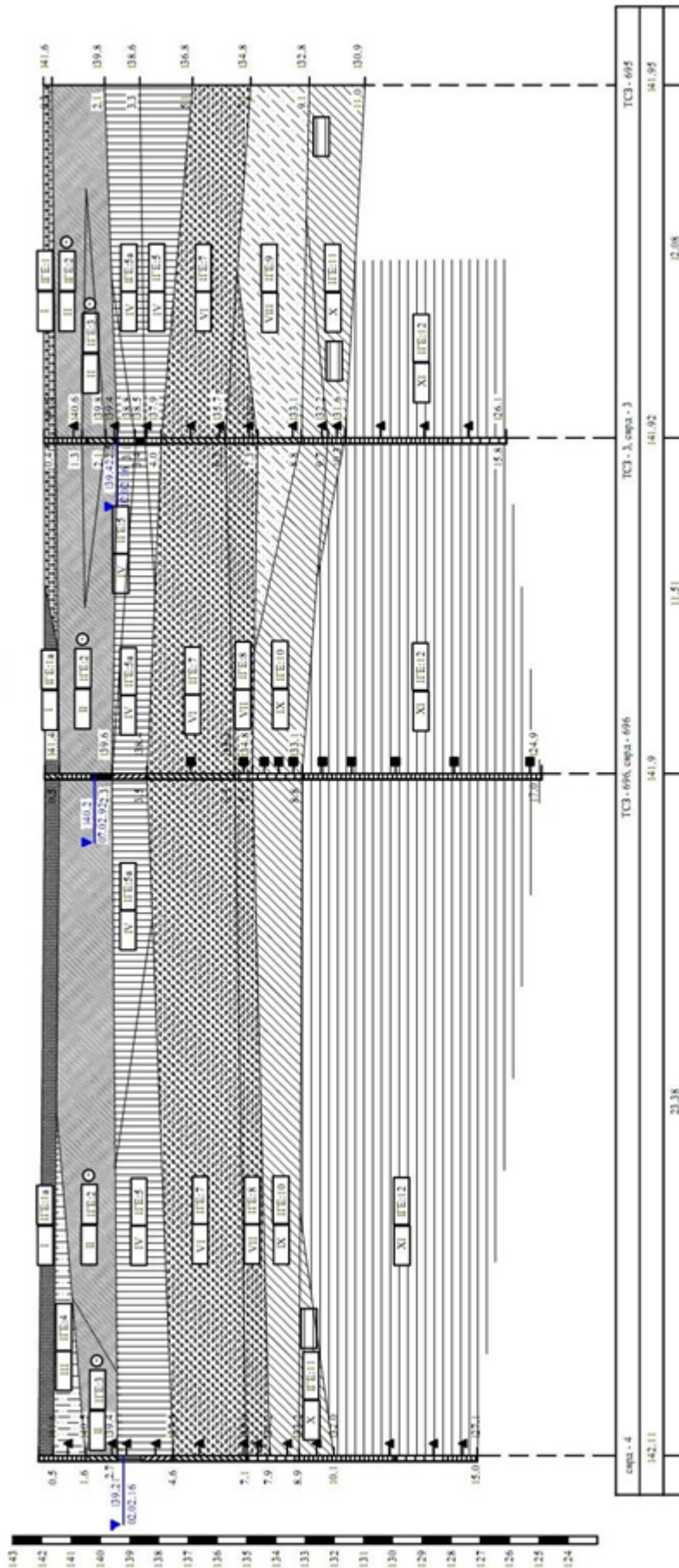


Рис. 3. Інженерно-геологічний розріз II-II  
 Масштаби Г 1:100  
 В 1:100

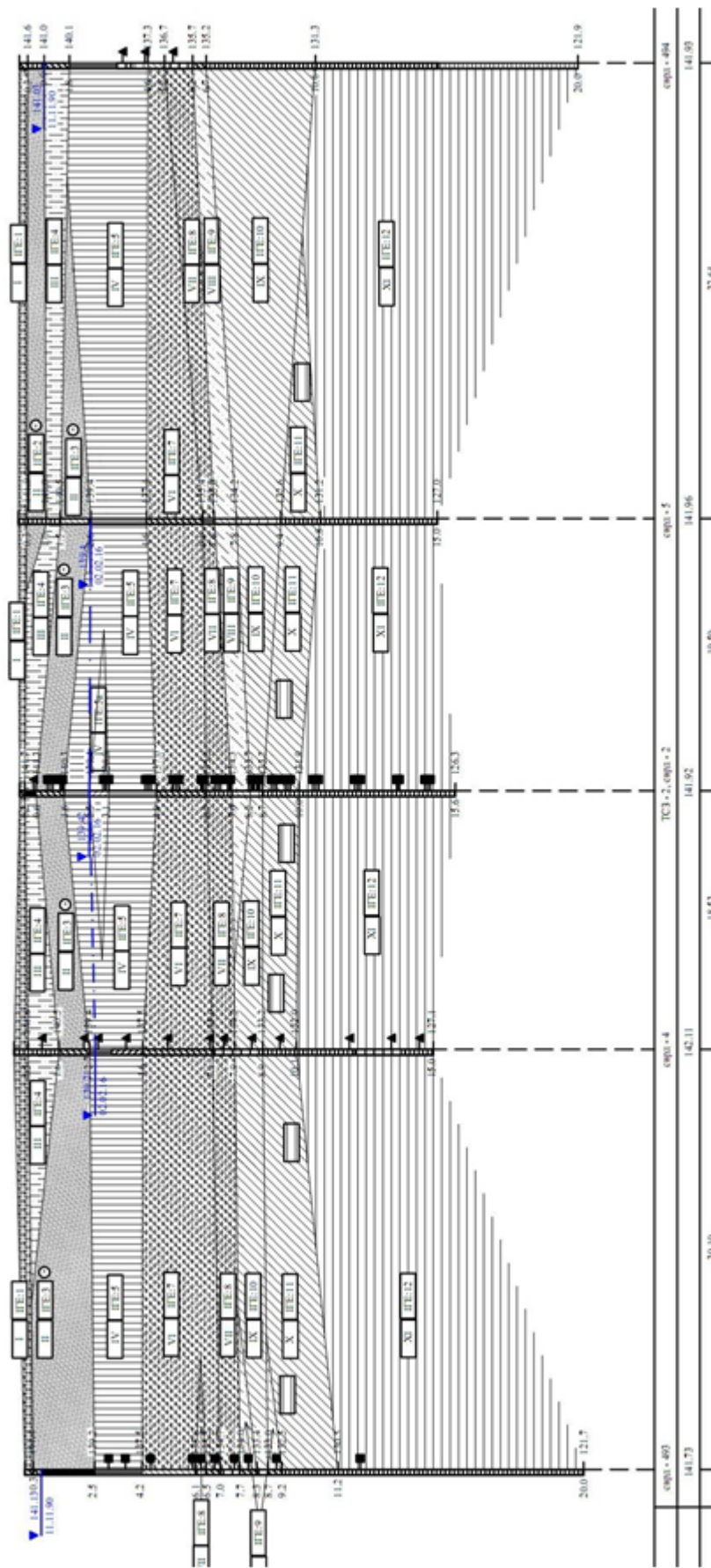


Рис. 4. Інженерно-геологічний розріз III-III'  
 Масштаб Г 1:200  
 В 1:100

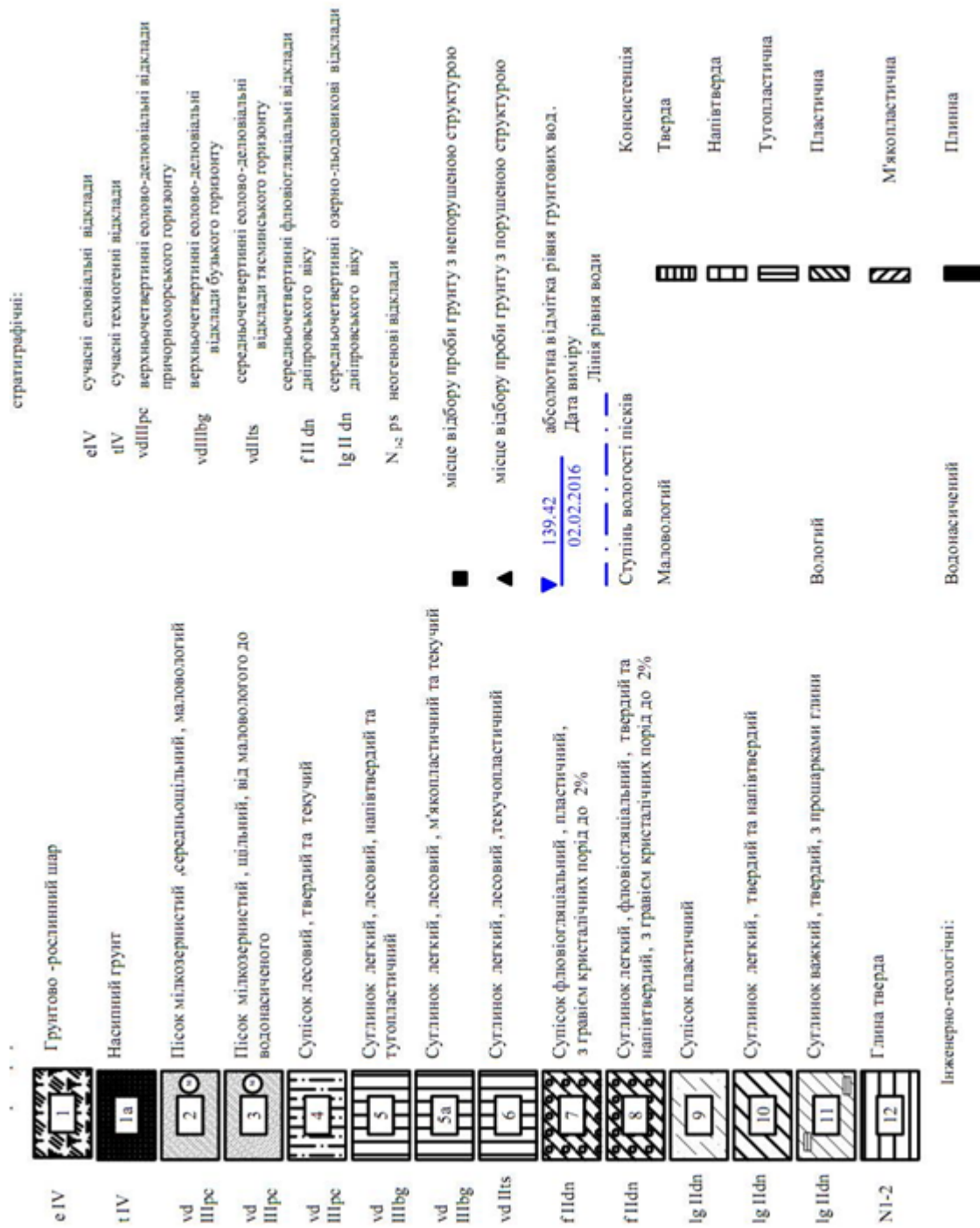


Рис. 5. Умовні знаки







## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Верства I – це сучасні техногенні відклади представлені ґрунтово-рослинним шаром та насипними ґрунтами нерівномірної щільності з будівельним сміттям товщиною до 0,5 м, сучасні елювіальні ґрунти- ґрунтово-рослинний шар.

Верстви II–III складені верхньочетвертинними еолово-делювіальними дрібнозернистими пісками та супісками причорноморського горизонту, а верства IV – суглинками буського горизонту.

Відклади верств V, VI, VII, VIII, IX, X віднесені до середньо четвертинних. V верства представлена еоло-делювіальними лесоподібними суглинками тясминського горизонту; верстви VI–VII – флювіогляціальними супісками та суглинками дніпровського горизонту пластичної, напівтвердої та тугопластичної консистенції; VIII – супісками; 9 – 10 – суглинками озерно-льодовиковими легкими та важкими; 11(12) – неогеновими глинами твердої консистенції.

У розкритій товщі порід виділені інженерно-геологічні елементи (ІГЕ) згідно з ДСТУ БВ.2.1-5-96 (ГОСТ 20522-96) та перевірені за оцінкою просторової змінності меж і числа пластичності, ступеня вологості, коефіцієнтів щільності, механічних властивостей, що були визначені при виконаних раніше інженерно-геологічних роботах та на матеріалах статичного зондування на цьому етапі робіт.

Виділені інженерно-геологічні елементи не відповідають літологічним пластам, мають такий склад.

Сучасні відклади – *t4*. Верства I. ІГЕ1а. Насипний ґрунт, товщина 0,5 м, у районі траншеї – 4,5 м.

Сучасні відклади *e4*. Верства I. ІГЕ1. Ґрунтово-рослинний шар, товщина 0,4 м.

Верхньочетвертинні еоло-делювіальні відклади причорноморського горизонту – *vd III ps*.

Верства II. ІГЕ2. Пісок дрібнозернистий, середньої щільності, низького ступеня водонасичення. Верства II. ІГЕ3. Пісок дрібнозернистий, щільний, низьковологий до водонасиченого. Верства III. ІГЕ4. Пісок пилуватий, лесоподібний, твердий та текучий.

Верхньочетвертинні еоло-делювіальні відклади буського горизонту – *vd III bg*.

Верства 4. ІГЕ5. Суглинок легкий, лесовий, непросідний, напівтвердий та тугопластичний. Верства IV. ІГЕ5а. Суглинок легкий, лесовий, непросідний, м'якопластичний та текучопластичний.

Середньочетвертинні еоло-делювіальні відклади тясминського горизонту – *vd II ts*.

Верства V. ІГЕ6. Суглинок легкий, лесовий, непросідний, текучопластичний.

Середньочетвертинні флювіогляціальні відклади дніпровського горизонту – *f II dn*.

Верства VI. ІГЕ7. Супісок флювіогляціальний, пластичний, з гравієм кристалічних порід до 2 %. Верства VII. ІГЕ8. Суглинок флювіогляціальний, твердий та напівтвердий, з гравієм кристалічних порід до 2 %.

Середньочетвертинні озерно-льодовикові відклади дніпровського горизонту – *lg II dn*.

Верства VIII. ІГЕ9. Супісок твердий та пластичний. Верства IX. ІГЕ10. Суглинок легкий, напівтвердий. Верства X. ІГЕ11. Суглинок важкий, твердий, з прошарками глини.

Неогенові відклади – *N1-2ps*.

Верства XI. ІГЕ12. Глина тверда.

Частина ґрунтів (ІГЕ5а, б) знаходиться у текучому стані. Для них показники механічних властивостей знижені у порівнянні з такими показниками раніше виконаних досліджень, на підставі результатів статичного зондування.

Ґрунтові води на ділянці безнапірні знаходяться на глибинах 2,5–3,1 м. Ділянка відноситься до підтоплюваних та затоплюваних при значних атмосферних опадах і сніготаненні, про що свідчить характерне охристо-іржаве забарвлення ґрунтів ІГЕ2 і ІГЕ3 та практика будівництва сусіднього мікрорайону, в якому виконано дренаж. Підтоплення

можливе також при витоках із гідрокомунікацій. Потік ґрунтових вод направлений з півночі на південь. Вони відносяться до гідрокарбонатно-хлоридних, кальцій-магнієвих. Тип їх може змінюватися через витоки з каналізації.

При забудові, асфальтуванні ділянки значно зменшиться природне випаровування, яке становить близько 520 мм за рік. Через це виникне надлишок вологи, що спричинить підвищення рівня ґрунтових вод, зумовить зміну консистенції глинистих порід та зниження їх механічних властивостей. До негативних явищ потрібно віднести підсіпку ділянки, що підвищить абсолютні відмітки її і зумовить затримку стоку поверхневих вод на північ від неї, тобто може вплинути на сусідні території. Тому необхідно забезпечити водовідведення і гідроізоляцію фундаментів та підвалів.

Відповідно до класифікації ДБН А.2.1-2008 дана оцінка категорій складності інженерно-геологічних умов ділянки досліджень.

За геоморфологічними факторами вони віднесені до 1 категорії складності; за геологічною будовою до 3 категорій; за гідрологічними умовами до 1 категорії; за наявності негативних фізико-геологічних процесів до 2 категорій; за наявністю специфічних ґрунтів до 2 категорій.

Загалом досліджена ділянка за складністю інженерно-геологічних умов відноситься до 2 категорій.

**Висновки.** 1. За результатами виконаних досліджень встановлено, що товща ґрунтів на ділянці неоднорідна. В ній виділено тринадцять інженерно-геологічних елементів.

2. Поверхня ґрунтових вод знаходиться на глибині 2,5–3,1 м. Рівень їх може підніматися при значних атмосферних опадах і сніготаненні.

3. Через можливе підтоплення чи сезонне затоплення ділянки необхідно передбачити її дренаж, гідроізоляцію фундаментів і підлог підвалів, регулювання поверхневого стоку, облаштування водонесучих комунікацій, що зробить неможливим втрату води і проникнення промислових стоків.

4. Передбачити інші заходи, що забезпечать стійкість будівель до деформацій підмурків і нормальні умови будівництва й експлуатації заглиблених приміщень.

5. Згідно зі СНіП 2.03.11-85 та посібника до них вода для всіх марок бетонів і цементів, а також до арматури залізобетонних конструкцій неагресивна.

#### Список використаних джерел

1. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва.
2. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд.
3. СНіП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.
4. ДСТУ Б. В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) Ґрунти. Класифікація.
5. ДСТУ Б. В.2.1-5-96 (ГОСТ 20522-96) Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань.
6. ДСТУ Б. В.2.1-3-96 (ГОСТ 30416-96) Ґрунти. Лабораторні випробування. Загальні положення.
7. ДСТУ Б. В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96) Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості.
8. ДСТУ Б. В.2.1-8-2001 (ГОСТ 12071-2000) Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків.
9. Іванишин В. А. Результати інженерно геологічних вишукувань під будівництво житлового будинку з підземним паркінгом (вул. Київська, 7 – проспект Миру, 47, м. Чернігів): польові і лабораторні вишукування / В. А. Іванишин, С. М. Шпилька // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2013. – № 2 (65). – С. 236–243.
10. Бугай В. Г. Результати інженерно геологічних вишукувань під будівництво житлового будинку з підземним паркінгом (вул. Київська, 7 – проспект Миру, 47, м. Чернігів): фізико-механічні властивості ґрунтів за даними статичного зондування / В. Г. Бугай, В. В. Іванишин,

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

О. О. Пеньковець // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2013. – № 3 (67). – С. 273–284.

11. *Инженерно-геологические* изыскания для рабочего проекта строительства объекта рекреационного назначения в г. Чернигов / В. А. Иванишин, И. О. Прыбытько, Н. Н. Корзаченко, С. Н. Шпилька // Збірник наукових праць. Серія «Галузеве машинобудування, будівництво». – Полтава : ПолтНТУ, 2014. – Вип. 1 (40). – С. 223–230.

12. *Фізико-механічні* властивості ґрунтів за результатами статичного зондування на об'єкті рекреаційного призначення в м. Чернігів / В. А. Іванишин, І. О. Прибытько, М. М. Корзаченко, С. М. Шпилька // Збірник наукових праць. Серія «Галузеве машинобудування, будівництво». – Полтава : ПолтНТУ, 2014. – Вип. 1 (40). – С. 231–238.

13. *Комплексні* дослідження під будівництво групи багатоповерхових будинків з приміщеннями соціально-побутового та навчального призначення на вул. Шевченка, 97, в м. Чернігові : навчально-наукова монографія / В. Г. Бугай, В. А. Іванишин, В. І. Дудко, М. М. Корзаченко та ін. – Чернігів, Чернігівський державний центр науки, інновацій та інформатизації, 2015. – 197 с.

14. *Іванишин В. А.* Інженерно-геологічні вишукування в річищі р. Стрижень в межах м. Чернігів / В. А. Іванишин, С. В. Кривоберець, С. М. Шпилька // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід : IX Міжнародна науково-практична конференція (7-12 травня 2013 р.). – Чернігів : Вид-во ПАТ «ПВК «Десна», 2013. – Вип. 9. – С. 142–151.

**Бугай Віктор Григорович** – начальник відділу, ТОВ «Чернігівбудрозвдування» (просп. Миру, 233а, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Бугай Виктор Григорьевич** – начальник отдела, ООО «Черниговстройразведывания» (просп. Мира, 233а, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Buhay Viktor** – Head of Department Ltd. «Chernihivbudrozviduvannya» (233a Myru Av., 14000 Chernihiv, Ukraine)

**E-mail:** 691040@ukr.net

**Іванишин Володимир Андрійович** – доктор геологічних наук, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет, почесний розвідник надр (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Іванишин Владимир Андреевич** – доктор геологических наук, профессор кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет, почетный разведчик недр (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Ivanushyn Volodymyr** – Doctor of Geological Sciences, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology, Honorary scout (95 Shevchenka Str., 14027, Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** Ivan.bokhanov@gmail.com, gkz.kaf@gmail.com

**Дудко Валентин Іванович** – Провідний інженер ТОВ «Чернігівбудрозвдування» (просп. Миру, 233а, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Дудко Валентин Іванович** – Ведущий инженер ООО «Черниговстройразведывания» (просп. Мира, 233а, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Dudko Valentyn** – Lead Engineer Ltd. «Chernihivbudrozviduvannya» (233a Myru Av., 14000 Chernihiv, Ukraine)

**E-mail:** 691040@ukr.net

**ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАЧІ РУКОПИСІВ  
НАУКОВИХ СТАТЕЙ ДО НАУКОВОГО ЖУРНАЛУ  
«ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**

Вимоги щодо підготовки рукописів статей для публікації у науковому журналі «Технічні науки та технології», який внесено до переліку наукових фахових видань, затвердженого Наказом Міністерства освіти і науки України від 13.07.2015 р. № 747. З 2010 року входить до міжнародної наукометричної бази даних eLIBRARY.RU (ліцензійний договір № 246-04/2013 від 29 квітня 2013 року).

**Шановні дописувачі!**

Спочатку просимо надіслати Вашу статтю, рецензію та довідку про автора (ів), оформлені за наведеними нижче вимогами, для попереднього розгляду редакційною колегією журналу «Технічні науки та технології». Після отримання позитивного відгуку прохання сплатити вартість статті і надсилати весь пакет документів до відділу науково-дослідної частини ЧНТУ.

1. Для публікації статті у журналі «Технічні науки та технології» необхідно в обов'язковому порядку подати:

- електронний варіант статті, оформленої за зразком (Додаток А);
- рецензію на статтю за підписом доктора наук;
- довідку про авторів, заповнену за наведеним бланком (Додаток Б). Звергаємо Вашу увагу, що ім'я та по батькові автора(ів) **подаються повністю**;
- квитанцію про сплату вартості публікації наукової статті (Додаток В);

2. **Вимоги до наукової статті.** Наукова стаття повинна відповідати тематичному спрямуванню збірника.

Статтю можна подавати однією з трьох мов: українською, російською, англійською.

Обсяг статті повинен бути таким: мінімум – 5 повних сторінок, максимум – 10 сторінок (остання сторінка має бути заповнена не менш ніж на 3/4).

Стаття подається у роздрукованому вигляді, а також надсилається електронною поштою на адресу: [chntu.ndch@gmail.com](mailto:chntu.ndch@gmail.com). Текст статті набирається з використанням комп'ютерних текстових редакторів Word for Windows 97/2000/XP.

3. **Структура статті.** До друку у науковому журналі «Технічні науки та технології» приймаються лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: *УДК. Автор (и). Назва статті. Анотації. Ключові слова. Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Мета статті. Виклад основного матеріалу. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел. Інформація про автора (ів).*

4. **Параметри сторінки повинні бути такими:**

Формат А4 (210×297 мм).

Поля: верхнє, нижнє та бокові – 25 мм.

Верхній і нижній колонтитули, а також номери сторінок не вводити. Текст повинен бути вирівняний по ширині аркуша.

**КАТЕГОРИЧНО ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ У СТАТТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ  
РОЗСТАНОВКИ ПЕРЕНОСІВ ТА АВТОМАТИЧНИХ СПИСКІВ. УСІ СПИСКИ  
ПРОСТАВЛЯЮТЬСЯ У РУЧНОМУ РЕЖИМІ!**

5. **Вимоги до оформлення структурних елементів статті.**

5.1. **УДК** – шрифт Times New Roman (кегель 12), курсив, вирівнювання по лівому краю без абзацу.

**Автори** – ім'я та прізвище кожного автора починати з нового рядка (шрифт Times New Roman (кегель 12), розміщення по центру, без абзацного відступу, курсив). Дані про авторів подаються трьома мовами.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

**Назва статті** – шрифт Times New Roman (кегель 12). Подається прописними напівжирними літерами, вирівнювання по центру без абзацу, трьома мовами.

**Анотація** – шрифт Times New Roman (кегель 9), курсив, вирівнювання по ширині, абзацний відступ 0,63 см, одинарний інтервал. В анотації має бути чітко сформульована головна ідея статті та коротко обґрунтована її актуальність (обсяг – 8–10 рядків). У статті подаються анотації трьома мовами: українською, російською, англійською.

**Ключові слова** – шрифт Times New Roman (кегель 9), вирівнювання по ширині, абзацний відступ 0,63 см, одинарний інтервал. Ключові слова подаються трьома мовами. Кількість ключових слів – 5–7. **Після ключових слів (кожною з мов) вказувати загальну кількість таблиць, рисунків та використаних джерел (Додаток А).**

**Основний текст** – текст статті з заголовками (вирівнювання по ширині, абзац – 0,63 см, шрифт Times New Roman (кегель 12), одинарний інтервал).

**Розділи статті** (Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Мета статті. Виклад основного матеріалу. Висновки і пропозиції. Список використаних джерел) подаються таким шрифтом: Times New Roman, кегель 12, напівжирний, звичайний. Після назви розділу статті ставиться крапка і продовжується текст самої статті.

**Обов'язково** у кінці статті подаються дані про авторів (трьома мовами):

- прізвище, ім'я та по батькові (повністю) – кегель 8, напівжирний;
- науковий ступінь, вчене звання, посада автора (ів) – кегель 8;
- місце роботи автора (ів) та **адреса організації** – кегель 8;
- електронна адреса автора (ів) (Додаток А) – кегель 8.

#### **5.2. Інтервали між елементами статті такі:**

- УДК – автори – 1;
- автори – назва статті – 1;
- назва статті – анотація – 1;
- анотація – ключові слова – 0;
- ключові слова – основний текст – 1;
- основний текст – назва таблиці (верхній край рисунка) – 1;
- назва таблиці – її верхній край (нижній край рисунка – їхні назви) – 1;
- нижній край таблиці (назва рисунка) – основний текст – 1;
- основний текст – список використаних джерел – 1;
- список використаних джерел – перелік джерел – 1.
- інформація про автора (ів) – 1.

**6. Цитати, таблиці, статистичні дані, цифрові показники**, що підвищують рівень аналітичних матеріалів, подаються з посиланням на джерела. Відповідальність за наведені показники несе автор.

Рисунки і таблиці необхідно подавати у статті безпосередньо після тексту, де вони згадані вперше, або на наступній сторінці.

#### **6.1. Ілюстрації (рисунки та чорно-білі фотографії)**

Під час виконання рисунків рекомендується використання Microsoft Visio 2007 (2003). За умови використання закладеної графіки Microsoft Word рисунки повинні бути згрупованими. Шрифт рисунків Times New Roman, кегель 12, курсив.

Рисунки позначають словом «Рис.» і нумерують послідовно в межах статті. Якщо у статті є лише один рисунок, він не нумерується. Пояснювальні підписи, номер рисунка, його назву розміщують послідовно під ілюстрацією.

Наприклад:

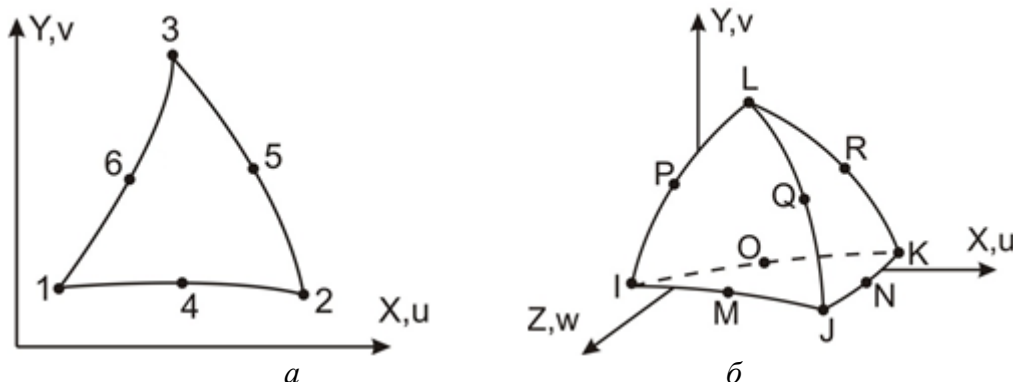


Рис. 3. Види скінченних елементів:

*a* – 6-вузловий плоский скінченний елемент і *б* – 10-вузловий об’ємний скінченний елемент

**6.2. Таблиці**

Цифровий матеріал, що наводиться у статті, як правило, повинен оформлятися у вигляді таблиць.

Розмір тексту таблиць – кегель 12. Усі таблиці повинні мати заголовки. Нумераційний заголовок таблиць (кегель 12) вирівнюють по правому краю таблиці, тематичний заголовок таблиці (по центру, кегель 12, курсив). **Усі графи таблиць повинні мати назву.**

Наприклад:

Таблиця 1

*Граничні значення режимів різання*

№ досл.	$V_{к}, м/с$	$V_{дет} = V_{к}/60$	$t, мм$	$Q_{гр}, мм^2/с$	$a_z, мкм$	$a_{z\max}$	$n/n_{різ}$
1	20	333	0,033	11	5,32	10,17	10/6
2	40	667	0,033	13	3,04	5,83	11/7
3	60	1000	0,028	18	2,01	3,78	15/10
4	80	1333	0,026	26	1,64	3,07	19/12
5	90	1500	0,025	38	1,59	2,84	25/16

Якщо таблиця не вміщується на одній сторінці, всі її колонки нумерують, а над перенесеною частиною таблиці справа надписують: «Закінчення табл. 1».

**6.3. Формули**

Використовуючи формули, необхідно дотримуватися певних правил.

Великі, довгі та громіздкі формули, які мають у складі знаки суми, добутку, диференціювання, інтегрування, розміщують на окремих рядках. Це стосується також і всіх нумерованих формул. Для економії місця кілька коротких однотипних формул, відокремлених від тексту, можна подати в одному рядку, а не одну під одною. Невеликі і нескладні формули, що не мають самостійного значення, вписують усередині рядків тексту.

Стиль формул: хімічні формули набирають прямим шрифтом. Формули, на які є посилання, нумерують арабськими цифрами в круглих дужках праворуч, не виходячи за поле. Формули необхідно вирівнювати по лівому краю сторінки. Між ними та текстом витримується інтервал в один рядок. Обов’язково подають розшифрування літерних позначень величин у формулах. Для набору позначень фізичних величин використовують редактор формул Microsoft Equation для WINDOWS.

Наприклад:

Пропонується зношення круга визначати пропорційним кількості зрізів більших граничного значення  $(a_z)_{\max}$ :

$$Q_a(a_z) = C_1 \cdot a_z^{k_1} \cdot F(a_z) + C_2 \cdot a_z^{k_2} (1 - F(a_z)), \tag{1}$$

де  $k_1 < 1, k_2 > 1$  – показники ступенів при товщині зрізу;

$F(a_z), (1 - F(a_z))$  – значення інтегральної функції розподілення розрахункової товщини зрізів, які визначають частку товщини зрізів, менших та більших вказаного граничного значення

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

*a*<sub>2</sub>. Інтегральна функція розподілу ймовірностей товщини стружок була знайдена за моделлю процесу шліфування в роботі [7].

**7. Список використаних джерел** необхідно складати за вимогами ВАК України (Бюлетень ВАК України № 5, 2009), розміщувати бібліографічні записи за алфавітом чи у послідовності їхніх перших згадувань в основному тексті статті.

Заголовок «Список використаних джерел» слід розміщувати посередині рядка, шрифт Times New Roman, кегель 12, напівжирний, а список джерел – 11 кегель.

**8. Оплата публікації.** Опублікування наукових статей у журналі «Технічні науки та технології» є платним. Вартість публікації 1 сторінки наукової статті становить **50 грн** (прохання обов'язково уточнювати вартість публікації). Оплата підтверджується квитанцією, зразок якої наведений у Додатку В.

**9. Контактна інформація.**

Матеріали необхідно надсилати на адресу: 14027, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95, корп. 1, к. 242 (науково-дослідна частина). Всі документи, що містять підписи та печатки, повинні бути відсканованими.

Контактна особа: Подимова Людмила Анатоліївна.

Робочий тел.: (04622) 3-42-44.

E-mail: chntu.ndch@gmail.com.

*Науковий журнал «Технічні науки та технології» розміщено на сайті Чернігівського національного технологічного університету, де можна переглянути останні номери видання:*

**<http://tst.stu.cn.ua/>**

**Відповідальність за матеріали, наведені у статті, несе автор.**  
**Неправильно оформлені автором стаття та супровідні документи, що не відповідають зазначеним вимогам, розглядатися не будуть.**

*Редакція розглядає надходження публікації та супровідних документів (рецензії, довідки про авторів тощо) як згоду дописувача (ів) щодо передачі авторського права на використання твору (тиражування, розповсюдження т. ін.).*

УДК 621.3.08

Володимир Войтенко, Оксана Федорова, Роман Єршов

**ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА РЕЄСТРАЦІЇ ТА ОБРОБЛЕННЯ  
БІОЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ**

Владимир Войтенко, Оксана Федорова, Роман Ершов

**ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ  
БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ**

Volodymyr Voitenko, Oksana Fedorova, Roman Yershov

**ELECTRONIC SYSTEM FOR BIOELECTRICAL SIGNAL REGISTRATION AND  
PROCESSING**

*Методи запису біопотенціалів, що генерує мозок, серце або м'язи, мають два основних аспекти застосування: медичний та дослідницький. Медична діагностика в умовах стаціонару найчастіше спирається на такі методи неінвазивних досліджень, в яких використовується громізка та вартісна апаратура. Водночас актуальною проблемою залишається автономний контроль та поточний моніторинг стану людини як з метою своєчасного виявлення критичних станів, так і для визначення реакцій на ті чи інші впливи.*

*Роботу присвячено вирішенню завдання створення дослідницького комплексу, який вміщує пристрій для попереднього оброблення біоелектричних сигналів, перетворення їх у цифрову форму та введення до персонального комп'ютера з метою наступного аналізу й відпрацювання алгоритмів функціонування портативної автономної електронної системи, яка розробляється вперше.*

**Ключові слова:** біоелектричні сигнали, біопотенціал, аналого-цифровий перетворювач, візуалізація.

Рис.: 4. Бібл.: 16.

*Методы записи биопотенциалов, генерируемых мозгом, сердцем или мышцами, имеют два основных аспекта применения: медицинский и исследовательский. Медицинская диагностика в условиях стационара в настоящее время чаще всего опирается на такие методы неинвазивных исследований, в которых используется громоздкая и дорогостоящая аппаратура. В то же время актуальной проблемой остается автономный контроль и текущий мониторинг состояния человека как с целью своевременного выявления критических состояний, так и для определения реакций на те или иные воздействия.*

*Работа посвящена решению задачи создания исследовательского комплекса, содержащего устройства для предварительной обработки биоэлектрических сигналов, преобразования их в цифровую форму и ввода в персональный компьютер с целью последующего анализа и отработки алгоритмов функционирования разрабатываемой портативной автономной электронной системы.*

**Ключевые слова:** биоэлектрические сигналы, биопотенциал, аналого-цифровой преобразователь, визуализация.

Рис.: 4. Библ.: 16.

*Methods to record bio-potentials generated by the brain, heart and muscles have two main application aspects: one in medicine and another one in research. Medical diagnostics in hospital conditions is currently mainly based on non-invasive research methods that use bulky and expensive equipment. At the same time, autonomous control and current monitoring of the human state remains an important problem from two perspectives: to timely identify critical conditions and to detect the reaction to specific impacts.*

*This article seeks to develop a research complex that would contain devices for a preliminary processing of bioelectric signals, their transformation into digital form and their input to a personal computer. These signals will then be used to analyze and process the functioning algorithms of a portable autonomous electronic system under development.*

**Key words:** bioelectric signals, bio-potential, analog-digital converter, visualization.

Fig.: 4. Bibl.: 16.

**Примітка:**\* якщо немає одного із компонентів, то не потрібно нічого зазначати (наприклад, Табл. 0 не ставити).

**Постановка проблеми. ...**

**Аналіз останніх досліджень і публікацій. ...**

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. ...**

**Мета статті. Головною метою цієї роботи є ...**

**Виклад основного матеріалу. ...**

**Висновки і пропозиції. ...**

**Список використаних джерел**

1. Sörnmo L. Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications / L. Sörnmo, P. Laguna. – Elsevier, 2005. – 688 p.



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

2. *Petrenas A.* An Echo State Neural Network for QRST Cancellation During Atrial Fibrillation / A. Petrenas, V. Marozas, L. Sörnmo, A. Lukosevicius // IEEE Trans. on Biomedical Engineering. – 2012. – Vol. 59, Num. 10. – P. 2950–2955.
3. *Gil E.* Heart Rate Turbulence Analysis Based on Photoplethysmography / E. Gil, P. Laguna, J. P. Martínez, O. Barquero-Pérez, A. García-Alberola, L. Sörnmo // IEEE Trans. on Biomedical Engineering. – 2013. – Vol. 60, Num. 11. – P. 3149–3155.
4. *Sandberg F.* Prediction of Intradialytic Hypotension using PPG and ECG / F. Sandberg, R. Bailon, D. Hernando, P. Laguna, J. P. Martínez, K. Solem, L. Sörnmo // Computing in Cardiology. – 2013. – Vol. 40. – P. 1227–1230.
- .....
9. *Жадин М. Н.* Биофизические основы формирования электроэнцефалограммы / М. Н. Жадин. – М. : Наука, 1984. – 198 с.
10. *Шагас Ч.* Вызванные потенциалы мозга в норме и патологии / Ч. Шагас. – М. : Мир, 1975. – 318 с.
11. *Рутман Э. М.* Вызванные потенциалы в психологии и психофизиологии / Э. М. Рутман. – М. : Наука, 1979. – 642 с.
12. *Эберт Г.-Х.* Простой анализ ЭКГ / Г.-Х. Эберт. – М. : Логосфера, 2010. – 283 с.
13. *Коломиец С. Н.* Введение в ЭКГ / С. Н. Коломиец. – Одесса : ОНМУ, 2012. – 84 с.
14. *Николаев С. Г.* Практикум по клинической электромиографии / С. Г. Николаев. – Иваново : Государств. мед. академия, 2003. – 260 с.
15. *ADS129x* Low-Power, 8-Channel, 24-Bit Analog Front-End for Bio-potential Measurements (Rev. K). Texas Instruments production data SBAS459K. – 2010 (rev. August 2015).
16. *LPC2148* Education Board. User's Guide. – Embedded Artists AB, 2007.

**Войтенко Володимир Павлович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри промислової електроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Войтенко Владимир Павлович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры промышленной электроники, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Voitenko Volodymyr** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Industrial Electronics Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).  
**E-mail:** volodymyr.voytenko@inel.stu.cn.ua

**Федорова Оксана Олександрівна** – студент магістратури, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Федорова Оксана Александровна** – студент магистратуры, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Fedorova Oksana** – student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** sanafedorova@gmail.com

**Єршов Роман Дмитрович** – магістр комп'ютерної інженерії, асистент кафедри промислової електроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Єршов Роман Дмитриевич** – магистр компьютерной инженерии, ассистент кафедры промышленной электроники, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Yershov Roman** – master in computer engineering, lecturer-assistant of Industrial Electronics Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** roman.d.yershov@gmail.com

**ДОВІДКА ПРО АВТОРІВ**

<b>Дані про авторів</b>	<b>Українською мовою</b>	<b>Російською мовою</b>	<b>Англійською мовою</b>
Прізвище			
Ім'я			
По батькові			
Науковий ступінь			
Вчене звання			
Почесне звання			
Місце роботи			
Посада			
Назва статті			
Обсяг статті			
Поштова адреса, на яку необхідно надсилати примірник збірника			
Контактна інформація	роб. тел.		
	дом. тел.		
	моб. тел.		
	e-mail		

**Додаток В**  
*Бланк квитанції для оплати публікації*

Заява на переказ готівки	Дт	<input type="text" value="1002"/>	Ідентифікаційний код	<input type="text" value="05460798"/>	
	Кт	<input type="text" value="31254264106996"/>			
	Одержувач платежу	<u>ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ</u>			
	Дата здійснення операції	_____			
	Дата валютування	_____			
			Код установи банку	<input type="text" value="820172"/>	
	Найменування установи банку	<u>ДКСУ</u>			
	Прізвище, ім'я, по-батькові платника	_____			
	Адреса платника	_____			
	Призначення платежу	_____ за видання у збірнику <b>25010100</b>			
Касир			Сума	<input type="text"/>	
	Загальна сума	_____ (словами)			
	Підпис платника	_____			
	Квитанція	Дт	<input type="text" value="1002"/>	Ідентифікаційний код	<input type="text" value="05460798"/>
		Кт	<input type="text" value="31254264106996"/>		
		Одержувач платежу	<u>ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ</u>		
		Дата здійснення операції	_____		
		Дата валютування	_____		
				Код установи банку	<input type="text" value="820172"/>
		Найменування установи банку	<u>ДКСУ</u>		
Прізвище, ім'я, по-батькові платника		_____			
Адреса платника		_____			
Призначення платежу		_____ за видання у збірнику <b>25010100</b>			
Касир			Сума	<input type="text"/>	
	Загальна сума	_____ (словами)			
	Підпис платника	_____			

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

# ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

*НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ*

*№ 2 (4)*

Головний редактор	В.В. Казимир
Відповідальний за випуск	О.І. Пилипенко
Коректор	О.С. Смелова
Комп'ютерна верстка і макетування	В.М. Олефіренко

Підписано до друку 25.08.2016. Формат 60x84/8. Друк різнографія.  
Гарнітура Times New Roman. Умов. друк. арк. – 30,7.  
Тираж 300 пр. Замовлення № 330/16.

---

Редакційно-видавничий відділ Чернігівського національного технологічного університету  
14027, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.