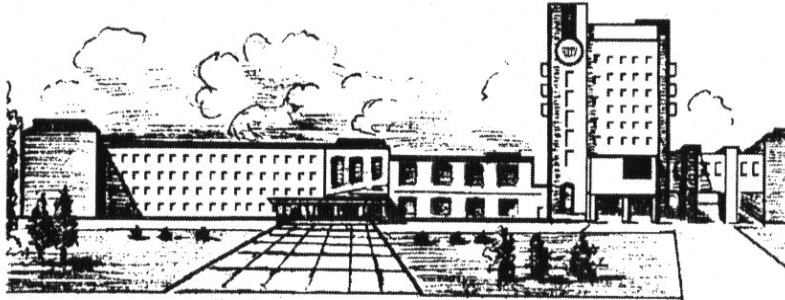


ISSN 2411-5363 (print)
ISSN 2519-4569 (online)

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



ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 2 (16)

Чернігів 2019

Друкується за рішенням вченої ради Чернігівського національного технологічного університету (протокол № 6 від 01.07.2019 р.). Науковий журнал «Технічні науки та технології» внесено до переліку наукових фахових видань України, затвердженого Наказом Міністерства освіти і науки України від 28.12.2017 р. № 1714.

Технічні науки та технології : науковий журнал / Чернігів. нац. технол. ун-т. – Чернігів : Т38 ЧНТУ, 2019. – № 2 (16). – 224 с.

У цьому випуску журналу «Технічні науки та технології» вміщено статті, присвячені теоретичним та експериментальним дослідженням у науковому напрямі «Технічні науки»: механічна інженерія, електрична інженерія, інформаційні технології, хімічна та біоінженерія, виробництво та технології, архітектура та будівництво. Статті прорецензовані провідними вченими у відповідних галузях знань.

Журнал «Технічні науки та технології» буде корисним для науковців, науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та студентів технічних спеціальностей закладів вищої освіти.

УДК 62:67.05

Головний редактор:

Казимир В. В., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет.

Заступник головного редактора:

Сапон С. П., кандидат технічних наук, доцент, Чернігівський національний технологічний університет.

Члени редакційної колегії:

Прикладна механіка, матеріалознавство та машинобудування

Бойко С. В., кандидат технічних наук, доцент, Чернігівський національний технологічний університет;
Болотов Г. П., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет;
Дубенець В. Г., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет;
Єрошенко А. М., кандидат технічних наук, доцент, Чернігівський національний технологічний університет;
Кальченко В. І., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет;
Кальченко В. В., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет;
Новомлинець О. О., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет;
Пилипенко О. І., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет.

Інформаційно- комп'ютерні технології

Азаров О. Д., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет;
Вархола Міхал, доктор технічних наук, професор, Технічний університет в Кошице (Словаччина);
Джон Н. Девис, доктор технічних наук, професор, університет Глиндор, Рексем, Великобританія;
Зайцев С. В., доктор технічних наук, доцент, Чернігівський національний технологічний університет;
Литвинов В. В., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет.

Енергетика, електротехніка та електромеханіка

Вінніков Д., доктор технічних наук, професор, Таллінський університет технологій (Естонія);
Волков І. В., доктор технічних наук, професор, Інститут електродинаміки НАН України;
Галкін І., доктор технічних наук, професор, Ризький технічний університет (Латвія);
Гусев О. О., кандидат технічних наук, доцент, Чернігівський національний технологічний університет;
Денисов Ю. О., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет;
Ромеро-Кадавал Е., доктор технічних наук, професор, Університет Естремадури (Іспанія);
Скоробогатова В. І., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет.

Хімічні та харчові технології

Самохвалова О. В., кандидат технічних наук, професор, Харківський державний університет харчування та торгівлі;

Сиза О. І., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет;
Цибуля С. Д., доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет.

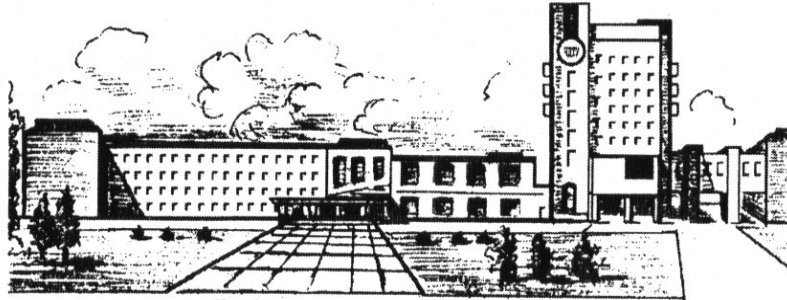
Будівництво та геодезія

Вінніков Ю. Л., доктор технічних наук, професор, Полтавський національний технічний університет;
Шульц Р. В., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури.



ISSN 2411-5363 (print)
ISSN 2519-4569 (online)

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



TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

SCIENTIFIC JOURNAL

ISSUE № 2 (16)

Chernihiv 2019

UDC 62:67.05

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)

Published by the decision of the Academic Council of the Chernihiv National University of Technology (protocol № 6 dated 01.07.2019). 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 December 28, 2017 № 1714.

Technical sciences and technologies: scientific journal / Chernihiv National University of Technology. – Chernihiv : Chernihiv National University of Technology, 2019. – № 2 (16). – 224 p.

This issue of the journal “Technical sciences and technologies” contains articles devoted to theoretical and experimental research in the scientific direction "Technical Sciences": mechanical engineering, electrical engineering, information technology, chemical and bioengineering, manufacturing and technology, architecture and construction. The articles are reviewed by leading scientists in relevant fields of knowledge.

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

UDC 62:67.05

Editor in chief:

Kazymyr V. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Chernihiv National University of Technology (ChNUT).

Deputy Editor in chief:

Sapon S. P., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; ChNUT.

Members of the Editorial Board:

Applied mechanics, materials science and machine building

Boyko S. V., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; ChNUT;

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

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

Yeroshenko A. M., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; ChNUT.

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

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

Novomlynets O. O., Doctor of Technical Sciences, Professor; ChNUT;

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

Information and computer technologies

Azarov O. D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnytsia National Technical University;

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

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

Zaitsev S. V., Doctor of Technical Sciences, ChNUT;

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

Power engineering, electrical engineering and electromechanical engineering

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

Volkov I. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine;

Galkin I., Doctor of Science, Professor, Riga Technical University, Riga, Latvia;

Husev O. O., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; ChNUT;

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

Romero-Cadaval E., Doctor of Science, Professor, University of Extremadura, Badajoz, Spain;

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

Chemical and food technologies

Samokhvalova O. V., PhD in Technical Sciences, Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade;

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

Tsybulia S. D., Doctor of Technical Sciences, Professor; ChNUT.

Construction and geodesy

Vynnykov Y. L., Doctor of Technical Sciences, Professor, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University;

Shults R. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kyiv national university of construction and architecture.



ЗМІСТ

РОЗДІЛ I. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

<i>Размышляев А., Агеева М.</i> Оптимальные параметры продольного магнитного поля, обеспечивающие перемешивание расплава в ванне при электродуговой наплавке.....	7
<i>Пасов Г., Венжега В., Бакалов В.</i> Шліфування фасонних поверхонь на верстаті ВЗ-208-ФЗ.....	16
<i>Болотов М.</i> Дослідження енергетичних параметрів тліючого розряду в довгих трубках малого діаметра.....	23
<i>Следнікова О., Винник В., Скляр В., Аксьонова О.</i> Модульне тривимірне моделювання процесів зняття припуску та формо-утворення при фрезеруванні кулачків орієнтованим інструментом.....	34
<i>Сіра Н., Кологойда А., Литвин О., Кальченко Д.</i> Дослідження динамічних характеристик при чистовому шліфуванні циліндричної та голчастої поверхонь валика текстильної машини.....	44
<i>Кальченко В. І., Кальченко В. В., Кужельний Я., Морочко В.</i> Експериментальне дослідження чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом.....	54

РОЗДІЛ II. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Дубягін О., Гур'єв В., Фірсова І.</i> Міжрівневий баланс: показники рівневої структури об'єкта, її зміни та координатні – агрегатна форма.....	62
<i>Филимонов И., Ревко А., Лысенко И.</i> Способи автоматического определения положения движущейся платформы в пространстве.....	71
<i>Чубаєвський В., Рзаєва С., Рзаєв Д.</i> Моделювання інформаційно-аналітичної системи обліку робочого часу співробітників підприємства.....	79
<i>Нескорודה Т.</i> Методика формализации задач системы аудита первого уровня.....	86

РОЗДІЛ III. ЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

<i>Наумчик П., Новик К.</i> Пристрій експрес-контролю якості енергозберігаючих склопакетів.....	95
<i>Бардик Є., Бондаренко О.</i> Оцінка режимної надійності електроенергетичної системи на основі визначення індексу ризику при відмовах вузлів навантаження з відповідальними споживачами.....	105
<i>Бойко С., Некрасов А., Городній О., Борисенко О., Кас'янов Є.</i> Особливості електропостачання залізородних підприємств при впровадженні розосередженої генерації.....	118

РОЗДІЛ IV. ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Денисова Н., Гаркава А., Буяльська Н.</i> Використання зброженого яблучного соку в технології виробництва житньо-пшеничного хліба.....	129
<i>Буяльська Н., Воєдило В., Денисова Н.</i> Використання йодовмісних добавок у виробництві хлібобулочних виробів оздоровчого призначення.....	137
<i>Божко Н., Тищенко В., Пасічний В., Ревенко Р.</i> Білоквісна сировина регіонального виробництва в технології м'ясомісткої варено-копченої ковбаси.....	145
<i>Гречко В., Страшинський І., Пасічний В.</i> Харчові волокна як функціональний інгредієнт у м'ясних напівфабрикатах.....	154
<i>Гуменюк О., Ксенюк М., Дениско О., Кирій А.</i> Заміна гідрогенізованих жирів на рослинну олію у складі борошняних кондитерських виробів.....	165
<i>Дудла І., Хребтань О.</i> Визначення оптимальних параметрів теплозахисних властивостей натуральних та синтетичних наповнювачів для виготовлення верхнього дитячого одягу.....	170

РОЗДІЛ V. БУДІВНИЦТВО ТА ГЕОДЕЗІЯ

<i>Сахно Є., Терещук О., Янченко О.</i> Проведення геосистемного моніторингу вирубки лісів у Чернігівському районі.....	181
<i>Смілка В.</i> Функціональна модель системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів.....	190
<i>Крячок С., Мамонтова Л., Беленок В.</i> Визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра під час прив'язки до стінних геодезичних знаків.....	197
<i>Іванишин В., Бугай В.</i> Інженерно-геологічні дослідження ділянки (мікрорайон «Масани») в Чернігові між вулицями Красносільського та Глібова під будівництво багатопверхових житлових будинків.....	203
<i>Vuiskyh N.</i> Deformation of round pine assortment of construction size.....	217
ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАЧІ РУКОПИСІВ НАУКОВИХ СТАТЕЙ	223

CONTENT

SECTION I. APPLIED MECHANICS, MATERIALS SCIENCE AND MACHINE BUILDING

<i>Razmyshlyayev A., Ahieieva M.</i> Optimal parameters of a longitudinal magnetic field providing mixing of the melt in a bath in arc surfacing	7
<i>Pasov H., Venzhega V., Bakalov V.</i> Grinding of shaped surfaces on the machine VZ-208-F3	16
<i>Bolotov M.</i> Investigation of glow discharge's energy parameters in small diameter long tubes	23
<i>Sliednikova O., Vynnyk V., Sklyar V., Aksonova O.</i> Modular three-dimensional modeling of the process of removal of adaptation and formation forming the cams with an oriented tool	34
<i>Sira N., Kolohoida A., Lytvyn O., Kalchenko D.</i> Definition of dynamic characteristics grinding of cylindrical and needle roller surface of a textile machine.....	44
<i>Kalchenko V., Kalchenko V., Kuzhelnyi Ya., Morochko V.</i> Experimental research finishing single pass grinding of the cylindrical surface of the shaft with an oriented tool	54

SECTION II. INFORMATION AND COMPUTER TECHNOLOGIES

<i>Dubyagin A., Guryev V., Firsova I.</i> Inter-level balance: indicators of the object's level structure, its changes and coordination – the aggregate form	62
<i>Fylymonov I., Revko A., Lysenko I.</i> Methods of automatic determination of the position of a moving platform in space	71
<i>Chubaievskiy V., Rzaieva S., Rzaiev D.</i> Modelling of information and analytical accounting system of employees' working time.....	79
<i>Neskorodieva T.</i> Tasks formalization method of the first level audit system	86

SECTION III. POWER ENGINEERING, ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTROMECHANICAL ENGINEERING

<i>Naumchyk P., Novik E.</i> Device for express control quality energy saving of double-glazed windows.....	95
<i>Bardyk Y., Bondarenko O.</i> Assessment of regime reliability of electric power system based on the definition of risk index in case of failure of the load with responsible consumers	105
<i>Boiko S., Nekrasov A., Gorodny O., Borysenko O., Kas'yanov Y.</i> Features of electricity supply of side-based equipment in implementation of restricted generation.....	118

SECTION IV. CHEMICAL AND FOOD TECHNOLOGIES

<i>Denysova N., Garkava A., Buialska N.</i> The use fermented apple juice in the manufacturing technology of rye-wheat bread	129
<i>Buialska N., Voedilo V., Denisova N.</i> Use of iodine-containing additives in the production of wellness bakery products	137
<i>Bozhko N., Tyshchenko V., Pasichnyi V., Revenko R.</i> Proteins containing raw of regional production in the technology of meat containing boiled smoked sausages	145
<i>Grechko V., Strashynskiy I., Pasichnyi V.</i> Food fibers as a functional ingredient in the meat semi-products	154
<i>Gumeniuk O., Kseniuk M., Denisko O., Kiryi A.</i> Replacement of hydrogenated fats for vegetable oil in the composition of confectionery	165
<i>Dudla I., Hrebtan O.</i> Determination of the optimal parameters of the heat-shielding properties of natural and synthetic fillers for children's outerwear production	170

SECTION V. CONSTRUCTION AND GEODESY

<i>Sakhno Ye., Tereshchuk A., Yanchenko O.</i> Geosystem monitoring of deforestation in the Chernihiv region.....	181
<i>Smilka V.</i> Functional model of the city monitoring system of the land of population items	190
<i>Kryachok S., Mamontova L., Belenok V.</i> Determination of the total station's range finder constant during snapping to wall geodesic signs	197
<i>Ivanyshyn V., Buhay V.</i> Engineering-geological researches of the site (microdistrict «Masany» in Chernihiv) between the krasnoselsky and glebov streets for the construction of multi-storey residential buildings	203
<i>Buiskyh N.</i> Deformation of round pine assortment of construction size	217

BASIC REQUIREMENTS FOR EXECUTION AND SUBMISSION OF MANUSCRIPTS OF SCIENTIFIC ARTICLES.....	223
---	------------

РОЗДІЛ І. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.791.75

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-7-15

Александр Размышляев, Марина Агеева

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОДОЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ РАСПЛАВА В ВАННЕ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ

Актуальность темы исследования. Одним из способов повышения эффективности процесса электродуговой наплавки проволокой под флюсом является использование управляющего продольного магнитного поля (ПРМП). При этом возможно управлять геометрическими размерами наплавляемых валиков, повышается производительность расплавления электродной проволоки, достигается измельчение структурных составляющих наплавленного металла.

Постановка проблемы. Для эффективного перемешивания расплава в ванне при дуговой наплавке с воздействием ПРМП необходимо, чтобы расплав достигал крайних точек хвостовой части сварочной ванны. Необходимо определить скорость индуцированных в расплаве под действием ПРМП потоков для различной частоты и индукции ПРМП.

Анализ последних исследований и публикаций. В последних публикациях показано, что для измельчения структурных составляющих наплавленного металла и повышения его служебных характеристик при дуговой наплавке с воздействием знакопеременного ПРМП необходимо обеспечить перемешивание расплава в ванне по всей ее длине.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Практически нет работ, в которых рассматривались бы вопросы перемешивания расплава в ванне по всей ее длине при дуговой наплавке с воздействием знакопеременного ПРМП.

Постановка задачи. Определение оптимальных параметров знакопеременного ПРМП, которое обеспечивало бы эффективное перемешивание металла в ванне при дуговой наплавке (сварке) проволокой под флюсом.

Изложение основного материала. В расчетной методике предположили, что через головную часть ванны (перед дугой) протекает 90 % всего тока наплавки. С помощью тугоплавких вставок определены размеры углубления (кратера) под дугой в жидком металле. Определены значения скорости и ускорения, которые достигает жидкий металл под действием знакопеременного ПРМП.

Выводы в соответствии со статьей. Определены оптимальные значения индукции и частоты ПРМП, обеспечивающие эффективное перемешивание расплава в ванне при электродуговой наплавке под флюсом.

Ключевые слова: дуговая наплавка и сварка; продольное магнитное поле; частота, индукция; перемешивание.

Рис.: 5. Табл.: 1. Библ.: 10.

Актуальность темы исследования. Одним из способов повышения эффективности процесса электродуговой наплавки проволокой под флюсом является использование управляющего продольного магнитного поля (ПРМП). При этом возможно управлять геометрическими размерами наплавляемых валиков, повышается производительность расплавления электродной проволоки, достигается измельчение структурных составляющих наплавленного металла.

Постановка проблемы. Для эффективного перемешивания расплава в ванне при дуговой наплавке с воздействием ПРМП необходимо, чтобы жидкий металл расплава достигал крайних точек в хвостовой части ванны. Поскольку при наплавке с воздействием ПРМП хорошее формирование валиков наблюдается только для знакопеременного ПРМП (отсутствуют грубочешуйчатость поверхности валиков и подрезы), то необходимо определить скорость индуцированных в расплаве под действием ПРМП потоков для различной частоты и индукции этого ПРМП.

Анализ последних исследований и публикаций. Краткий обзор данных о влиянии ПРМП при дуговой наплавке на геометрические параметры наплавляемых валиков, производительность расплавления электродов, измельчение структурных составляющих наплавленного металла приведен в работах [1-3]. При перемешивании расплава в ванне при дуговой наплавке с воздействием ПРМП, как показано в работе [3], должно происходить измельчение структурных составляющих наплавленного металла.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Однако практически нет работ, посвященных вопросам движения жидкого металла в ванне при дуговой наплавке под флюсом с воздействием ПРМП. Этому вопросу посвящена только одна работа [4], но здесь рассматривали процессы применительно к сварке неплавящимся электродом в аргоне. Это сдерживает использование ПРМП при дуговой наплавке (и сварке) проволокой под флюсом.

Постановка задания (цель статьи). Целью настоящей работы является определение оптимальных параметров знакопеременного продольного магнитного поля, которое обеспечивало бы эффективное (по всей длине сварочной ванны) перемешивание металла в ванне при дуговой наплавке (сварке) проволокой под флюсом.

Изложение основного материала. Жидкий металл ванны при воздействии ПРМП вращается вокруг оси электрода под действием электромагнитной силы от взаимодействия горизонтальной составляющей плотности тока, растекающегося в металле, с вертикальной компонентой индукции ПРМП [1; 4]. При определении горизонтальной компоненты плотности тока в головной части ванны следует учесть, что металл ванны имеет значительный перегрев (выше температуры плавления – $T_{пл}$, почти до температуры кипения $T_{кип}$). Кроме того, следует учесть, что дуга углублена в расплавленный металл ванны. Через головную часть ванны (перед дугой) протекает большая часть растекающегося в изделии сварочного тока, поскольку здесь металл практически не нагрет [5; 6]. Через эту область жидкого металла ванны протекает 90 % величины тока наплавки – I_n .

Углубленность дуги в жидкий металл ванны при дуговой наплавке проволокой под флюсом определена в работе [7] использованием танталовых вставок и выплеска жидкого металла. Установлено, что глубина кратера ($h_{кр}$) под дугой составляет практически $0,5 H_{пр}$ металла ($H_{пр}$ – глубина проплавления). Однако для определения плотности тока в головной части (по площади контакта сварочной дуги с жидким металлом ванны) необходимы данные о диаметре углубления на поверхности основного металла-пластины – $d_{кр}$ (диаметр кратера). Для определения размеров $d_{кр}$, как и в работе [8], использовали танталовые (иногда вольфрамовые) вставки.

Определяли диаметр кратера (дуги) на изделии при сварке, используя тугоплавкие вставки в виде проволочек диаметром $0,5 \cdot 10^{-3}$ м из вольфрама, либо диаметром $1,0 \cdot 10^{-3}$ м из тантала. Вставки размещали во фрезерованные пазы глубиной $2,0 \cdot 10^{-3}$ м и соответствующей ширины на поверхности наплавляемой пластины, расположенные с шагом $(3 \dots 5) \cdot 10^{-3}$ м перпендикулярно предполагаемой оси наплавки. Вставки закрепляли в пазах кернением. В момент прохождения дугой при наплавке ряда тугоплавких вставок осуществляли выплеск сварочной ванны. Ширину полости между расплавленными торцами вставок на фронте плавления (на виде сверху) можно принять за диаметр кратера $d_{кр}$, поскольку вставки не подвержены растворению жидким металлом (рис. 1, а). За фронтом плавления (за сечением I-I на рис. 1, б) вставки растворяются жидким металлом со скоростью $V_{ср} = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м. Поправку на растворение вставок жидкого металла ванны при определении диаметра кратера $d_{кр}$ учитывали в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1, б. Установлено, что диаметр кратера $d_{кр}$ увеличивается линейно при увеличении тока наплавки (рис. 2, а), практически не зависит от напряжения на дуге (рис. 2, б), увеличивается при увеличении диаметра электрода (рис. 2, в) и не зависит от марки флюса. Получаемые значения $d_{кр}$ (рис. 2) можно учитывать при расчетах размеров лунки под дугой при наплавке электродной проволокой под флюсом.

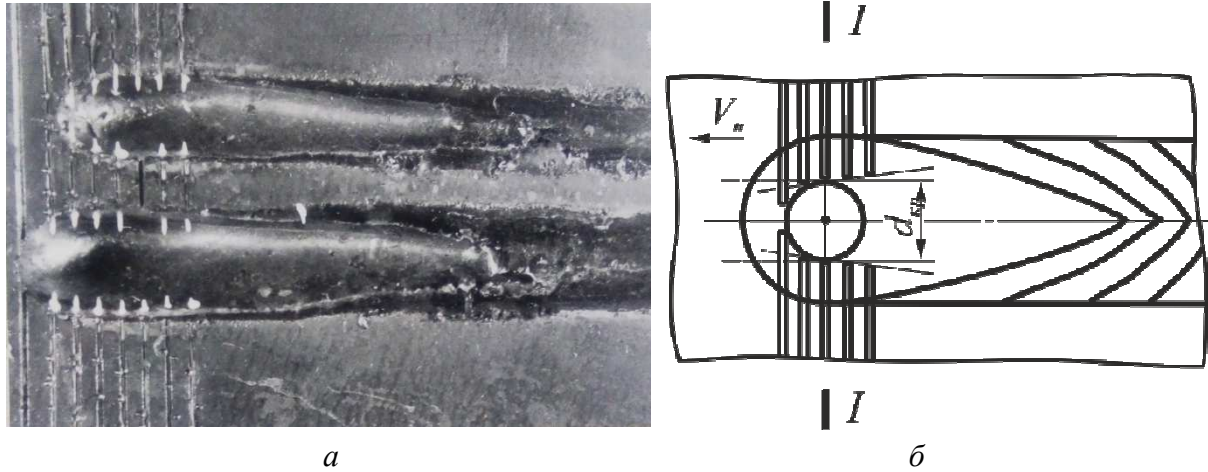


Рис. 1. Вид тугоплавких вставок после сварки и выплеска ванны (а) и схема к определению диаметра кратера $d_{кр}$ (б)

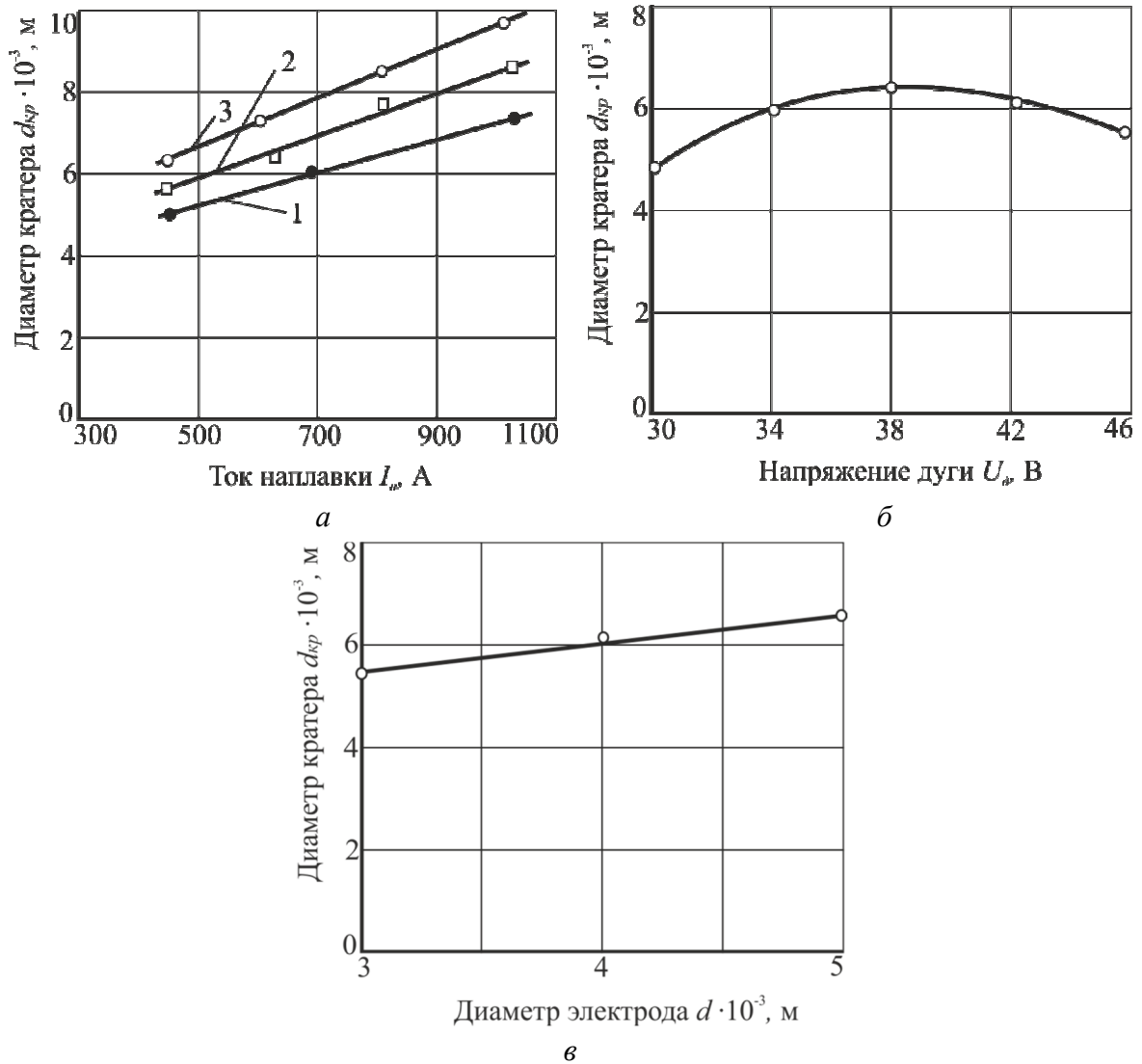


Рис. 2. Зависимость диаметра кратера от параметров режима наплавки:
 а: 1 – $d_э = 3 \cdot 10^{-3}$ м; 2 – $d_э = 4 \cdot 10^{-3}$ м; 3 – $d_э = 5 \cdot 10^{-3}$ м; а, б, в – $V_n = (0,88 \dots 1,2) \cdot 10^{-2}$ м/с;
 б, в – $I_w = 500 \dots 550$ А; б – $d_э = 4 \cdot 10^{-3}$ м

Применительно к процессу дуговой наплавки проволокой Св-08А диаметром 5 мм под флюсом АН-348 были определены все необходимые для дальнейших расчетов геометрические размеры сварочной ванны. Расчеты выполнялись с использованием теории тепловых процессов дуговой сварки. Была принята схема подвижного точечного источника тепла на поверхности полубесконечного тела [9]. В расчетах приняты следующие значения теплофизических констант:

λ – коэффициент теплопроводности, $\lambda = 40$ Вт/м·К;

a – коэффициент температуропроводности, $a = 8 \cdot 10^{-6}$ м/с²;

η_u – эффективный КПД нагрева изделия дугой, $\eta_u = 0,9$.

Были определены следующие размеры ванны (рис. 3):

L_n – длина передней части ванны, м;

$L_{xв}$ – длина хвостовой части ванны, м;

H_{np} – глубина проплавления металла, м;

B_b – ширина ванны, м.

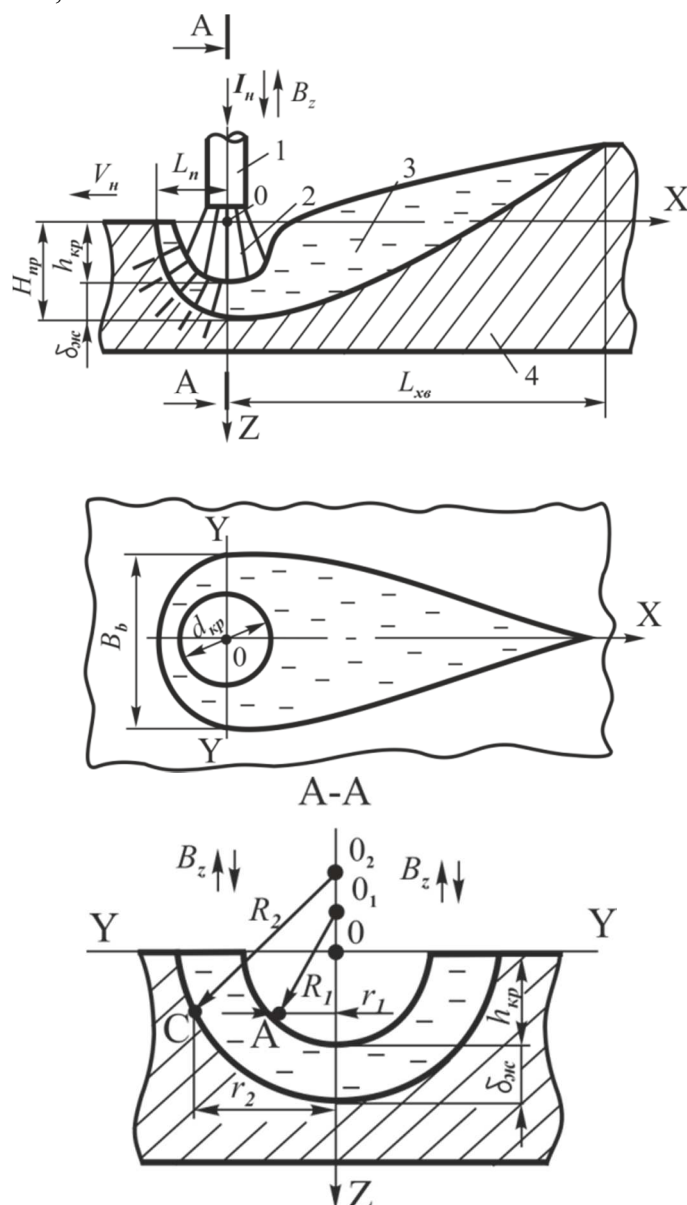


Рис. 3. Схема сварочной ванны при дуговой наплавке и ее геометрические размеры:

1 – электрод; 2 – сварочная дуга; 3 – жидкий металл в ванне; 4 – изделие-пластина
(расплавленный шлак не показан, B_z – линии индукции ПРМП, пунктирные линии – линии тока)

Данные о глубине кратера ($H_{кр}$) определяли по формуле:

$$h_{кр} = H_{пр} - \delta_{жс}, \tag{1}$$

где $\delta_{жс}$ – толщина прослойки жидкого металла под дугой, м.

Как показано в работе [8] можно приближенно принять, что $\delta_{жс} = 0,5 H_{пр}$. В расчетах принимали это положение. Следует отметить, что полученные данные расчетов о геометрических размерах ванн практически совпали с экспериментальными (данные приведены в таблице).

Таблица

Геометрические размеры сварочных ванн

Серия	№ п/п	$I_{п},$ А	$V_{п},$ м/ч	$L_{п},$ $10^{-3}м$	$L_{хв},$ $10^{-2}м$	$B_{в},$ $10^{-3}м$	$H_{пр},$ $\cdot 10^{-2}, м$	$\delta_{жс},$ $10^{-2} м$	$h_{кр}$ $10^{-2}м$	$d_{кр}$ $10^{-3}м$	$L,$ $10^{-3}м$
$I_{п}$	1	400	10	5,5	4,0	20	0,50	0,25	0,25	6,0	18
	2	500	10	6,0	5,0	23	0,65	0,32	0,32	6,5	18,2
	3	650	10	8,0	6,5	25	0,80	0,40	0,40	7,0	20
	4	800	10	9,0	7,0	30	1,00	0,50	0,50	8,0	24
	5	900	10	9,5	8,5	31	1,25	0,62	0,62	9,5	24
	6	1000	10	10,0	10,0	32	1,30	0,65	0,65	10	24
$V_{п}$	1	800	5	12	7,0	34	1,10	0,55	0,55	8,5	28,33
	2	800	10	9,0	7,0	31	1,05	1,03	1,03	8,5	24
	3	800	15	8,0	7,0	24	1,00	0,50	0,50	8,0	21,16
	4	800	20	6,0	7,0	22	1,00	0,50	0,50	7,5	18,56
	5	800	40	5,5	7,0	16	0,95	0,42	0,42	6,0	18,5

Кратер размерами $h_{кр}, d_{кр}$ обладает осевой симметрией относительно оси OZ (рис. 3). Форму поверхности контакта дуги с жидким металлом в кратере ванны аппроксимировали частью шарового сегмента. Ток наплавки протекает перпендикулярно к этой поверхности в каждой точке (на поверхности S_1).

Если провести на глубине Z от поверхности $Z = 0$ горизонтальную плоскость (рис. 3), то для точки A на поверхности S_1 значение радиальной (в горизонтальной плоскости) компоненты плотности тока:

$$j_{r1} = j_{R1} \cdot \frac{r_1}{R_1}, j_{R1} = \frac{0,9I_{п}}{\pi R_1^2}, \text{ А/м}^2, \tag{2}$$

где

$$R_1 = \frac{(0,5d_{кр})^2 + h_{кр}^2}{2h_{кр}}, \text{ м.} \tag{3}$$

Для точек, лежащих на поверхности контакта жидкого металла с твердым (поверхность S_2), например, для точки C (рис. 3) аналогично:

$$j_{r2} = j_{R2} \cdot \frac{r_2}{R_2}, j_{R2} = \frac{0,9I_{п}}{\pi R_2^2}, \text{ А/м}^2, \tag{4}$$

где

$$R_2 = \frac{(0,5B_{в})^2 + H_{пр}^2}{2H_{пр}}, \text{ м.} \tag{5}$$

Значения плотности электромагнитных сил ($F, \text{ Н/м}^3$), обеспечивающих вращение каждого микрообъема жидкого металла вокруг оси OZ (рис. 3) определяли по формуле:

$$F = j_r \cdot B_z, \text{ Н/м}^3, \tag{6}$$

где j_z – радиальные составляющие плотности тока вдоль радиусов $r, \text{ А/м}^2$;

B_z – вертикальная компонента индукции ПОМП (вдоль оси OZ), Тл.

При расчете плотностей тока j_z (в принципе, вдоль любого радиуса r на уровне Z жидкого металла в головной части ванны) исходили из того, что ток I_n распределен равномерно по всей внутренней поверхности кратера в жидком металле. При этом принимали (в соответствии с данными работ [5, 6], что 90 % тока I_n протекает через переднюю кромку головной части ванны. Как и в работе [6] принимали, что линии тока перпендикулярны поверхности кратера (S_I на рис. 3) жидкого металла в этой области (как среднearифметическое значение). Под действием силы F каждый элемент (объем) жидкости в передней части ванны получает ускорение:

$$a = g \frac{F}{G}, \text{ м/с}^2, \quad (7)$$

где g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

G – плотность сил тяжести, $G = 7 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3$ [1].

Под действием силы F (и действием ускорения – a) скорость элементов жидкости относительно оси Z :

$$V_\tau = \sqrt{2L \cdot a}, \text{ м/с}, \quad (8)$$

где L – «путь разгона» элементов жидкости в передней части ванны, м.

Принимали, что «разгон» элементов жидкости получают на длине L , равной длине средней линии (части сегмента) в головной части ванны. По данным работы [10]:

$$L = \sqrt{b^2 + \frac{16}{3} h^2}, \text{ м}, \quad (9)$$

где $b = \frac{B_B + d_{кр}}{2}$, $h = \frac{L_n}{2} + \frac{1}{4} d_{кр}$.

При этом принято, что (условно) значения L соответствуют расположению на уровне $Z = h_{кр}$, поскольку ниже уровня $Z = h_{кр}$ радиальные компоненты плотности тока уменьшаются практически на порядок. Поэтому расчеты выполнены, используя средние значения j_z в слое между уровнями $Z = 0 \dots h_{кр}$.

Очень неопределенным является вопрос о темпе торможения потока (скорости V_τ) по мере продвижения его по боковым стенкам ванны к хвостовой ее части. Видеосъемка физического моделирования процесса показала, что жидкий металл в ванне под действием ПРМП не просто закручивается вокруг оси электрода, а направляется в хвостовую часть ванны. Это возможно объяснить тем, что большая часть (объема) расплава расположена по бокам передней части кратера (в зоне оси $Y-Y$ по рис. 3). При воздействии ПРМП этот объем металла направляется по боковым стенкам ванны в ее хвостовую часть (вдоль оси OX). Физическое моделирование процесса подтвердило, что под действием индукции B_z ПРМП после разгона расплава в головной части ванны (вращение вокруг оси OZ) после оси $Y-Y$ он направляется вдоль оси OX в хвостовую часть ванны. При движении поток жидкого металла тормозится и при некоторых параметрах ПРМП в крайних точках хвостовой части – до нулевых значений. В расчетах приняли, что средняя скорость (по мере торможения с V_x до $V_x = 0$ в конечной точке длины хвостовой части ванны) $V_{xcp} = 1/2 V_\tau$. Если действуют знакопеременные прямоугольные импульсы индукции B_z (рис. 4) и принять, что длительность пауз $t_n = 0,01 \text{ с}$, тогда приближенно частота f (Гц):

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2t_n + 2t_n} \approx \frac{1}{2t_n}. \quad (10)$$

Время действия импульса:

$$t_n = \frac{L_{хв}}{V_{xcp}}, \text{ с}, \quad (11)$$

где $L_{хв}$ – длина хвостовой части ванны, м (значения приведены в таблице).

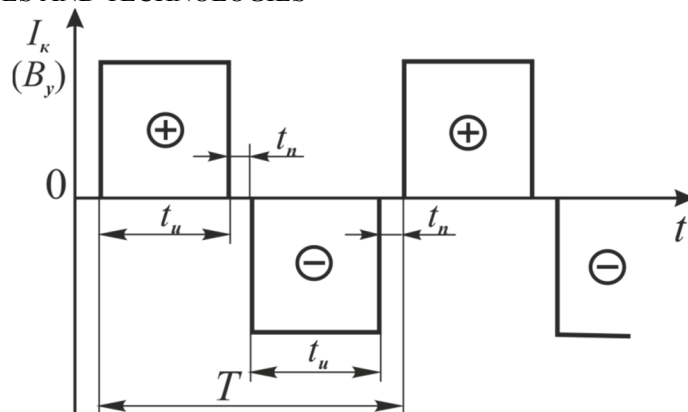
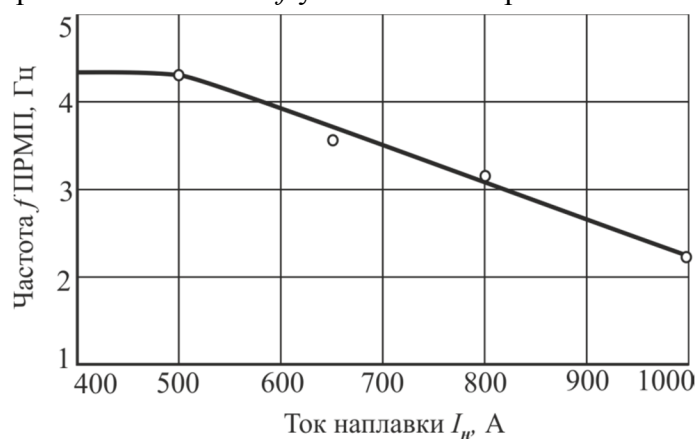


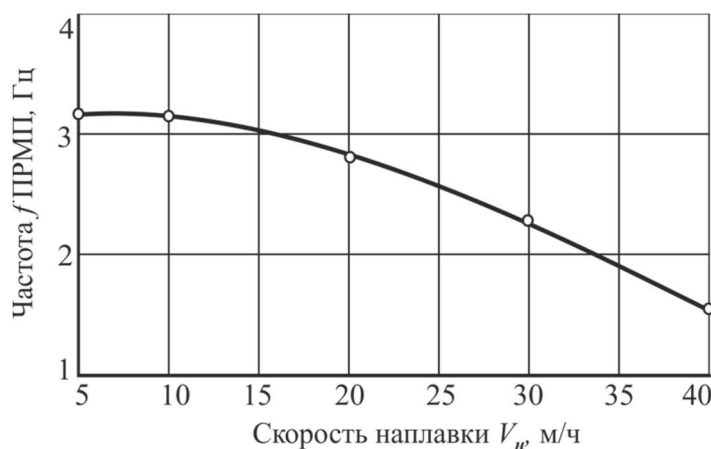
Рис. 4. Схема импульсов тока I_k , питающего катушки УВ ПОМП, и индукции B_y

Выполнен расчет значений f для различных параметров режима наплавки. Следует воспринимать значения f как максимальные, которые при данном уровне индукции B_z ПРМП обеспечивают продвижение потока на всю длину хвостовой части ванны – $L_{хв}$.

Данные расчетов показали, что при наплавке проволокой диаметром 5 мм и индукции ПРМП $B_z = 25$ мТл при увеличении тока I_n в пределах 400...1000 А ($V_n = 10$ м/ч) значения частоты f ПРМП уменьшаются от 4,4 до 2,2 Гц (рис. 5, а). При увеличении скорости наплавки ($I_n = 800$ А) от 5 до 40 м/ч значения частоты f ПРМП уменьшаются от 3,14 до 1,6 Гц (рис. 5, б). При увеличении индукции B_z ПРМП в 4 раза (от 25 до 100 мТл), скорость расплава и частота f увеличатся в 2 раза.



а



б

Рис. 5. Зависимость частоты f ПРМП от тока наплавки (а) и скорости наплавки (б):
а – $V_n = 10$ м/ч; б – $I_n = 800$ А; а, б – $B_z = 25$ мТл

Эти данные являются ориентировочными, но их можно рекомендовать к использованию при выполнении наплавочных работ проволокой под флюсом с воздействием ПРМП. Следует отметить, что устройство ввода (УВ) ПРМП должно быть в виде соле-ноида с ферросердечником, который устанавливается соосно со сварочной проволокой. Диаметр ферросердечника при этом должен быть в пределах 30...50 мм, который обеспечи-вает «доставку» индукции B_z в зону жидкого металла в головной части ванны. Кон-кретные рекомендации по конструкции УВ ПРМП приведены в работе [1].

Выводы в соответствии со статьей. Предложенная расчетная методика позволяет определить частоту и уровень индукции знакопеременного ПРМП, обеспечивающих эффективное перемешивание жидкого металла ванны при дуговой наплавке проволо-кой под флюсом.

При дуговой наплавке проволокой под флюсом при уровне индукции ПРМП 25 мТл оптимальной является частота этого поля в пределах 2...4 Гц в диапазоне токов наплавки 400...1000 А и скорости наплавки 5...40 м/ч.

Список использованных источников

1. Размышляев А. Д., Миронова М. В. Магнитное управление формированием валиков и швов при дуговой наплавке и сварке: монография. Мариуполь: Изд-во ПГТУ, 2009. 242 с.
2. Размышляев А. Д., Агеева М. В. О механизме измельчения структуры металла шва при дуговой сварке с воздействием магнитных полей (обзор). *Автоматическая сварка*. 2018. № 3. С. 29–33.
3. Размышляев А. Д., Агеева М. В. Влияние магнитного поля на кристаллизацию швов при дуговой сварке. *Автоматическая сварка*. 2019. № 1. С. 40–43.
4. Черныш В. П. Расчет параметров движения металла сварочной ванны при электромаг-нитном перемешивании. *Автоматическая сварка*. 1977. № 10. С. 12–16.
5. Райчук Ю. И. Распределение тока по пластине при дуговой сварке. *Автоматическая сварка*. 1967. № 4. С. 19–22.
6. Чернышов Г. Г., Рыбачук А. М., Кубарев В. Ф. Распределение тока в сварочной ванне. *Автоматическая сварка*. 1979. № 11. С. 27–29.
7. Размышляев А. Д. О толщине прослойки жидкого металла под дугой при наплавке флю-сом. *Автоматическая сварка*. 2003. № 9. С. 18–21.
8. Размышляев А. Д. Уточненное определение толщины жидкой прослойки под дугой. *Ав-томатическая сварка*. 1980. № 7. С. 74–75.
9. Багрянский К. В., Добротина З. А., Хренов К. К. Теория сварочных процессов. Киев: Ви-ща школа, 1976. 424 с.
10. Бронштейн И. Н., Семендяев К. М. Справочник по математике для инженеров и уча-щихся ВТУЗов. Москва: Наука, 1986. 544 с.

References

1. Razmyshlyayev, A. D., Mironova, M. V. (2009). *Magnitnoe upravlenie formirovaniem valikov i shvov pri dugovoi naplavke i svarke [Magnetic control of formation of beads and welds in arc surfac-ing and welding]*. Mariupol: PGU [in Russian].
2. Razmyshlyayev, A. D., Ageeva, M. V. (2018). On mechanism of weld metal structure refine-ment in arc welding under action of magnetic fields (Review). *Avtomaticheskaiia svarka – The Paton Welding J.*, 3, 25–28.
3. Razmyshlyayev, A. D., Ageeva, M. V. (2019). Vliianie magnitnogo polia na kristallizatciiu shvov pri dugovoi svarke [Effect of magnetic field on crystallization of welds in arc welding]. *Avtomaticheskaiia svarka – The Paton Welding J.*, 1, 40–43 [in Russian].
4. Chernysh, V. P. (1977). Raschet parametrov dvizheniia metalla svarochnoi vannы pri elektro-magnitnom peremeshivanii [Calculation of the movement parameters of the welding bath metal with electromagnetic mixing]. *Avtomaticheskaiia svarka – The Paton Welding J.*, 10, 12–16 [in Russian].
5. Raichuk, Yu. I. (1967). Raspredelenie toka po plastine pri dugovoi svarke [Current distribution on a plate in arc welding]. *Avtomaticheskaiia svarka – The Paton Welding J.*, 4, 19–22 [in Russian].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

6. Chernyshov, G. G., Rybachuk, A. M., Kubarev, V. F. (1979) Raspredelenie toka v svarochnoi vanne [Current distribution in a welding bath]. *Avtomaticheskaia svarka – The Paton Welding J.*, 11, 27–29 [in Russian].
7. Razmyshlyayev, A. D. (2003). O tolshchine prosloiki zhidkogo metalla pod dugoi pri naplavke fliusom [About layer thickness of liquid metal under an arc at submerged surfacing]. *Avtomaticheskaia svarka – The Paton Welding J.*, 9, 18–21 [in Russian].
8. Razmyshlyayev, A. D. (1980). Utochnnennoe opredelenie tolshchiny zhidkoi prosloiki pod dugoi [Refine the definition of the liquid layer thickness under the arc]. *Avtomaticheskaia svarka – The Paton Welding J.*, 7, 74–75 [in Russian].
9. Bagryansky, K. V., Dobrotina, Z. A., Khrenov, K. K. (1976). *Theory of welding processes [Teoriia svarochnykh protsessov]*. Kiev: Vyshcha Shkola [in Russian].
10. Bronshtein, I. N., Semendiaev, K. M. (1986). *Spravochnik po matematiki dlia inzhenerov i uchashchikhsia VTUZov [Reference book for mathematicians for engineers and students of VTUZov]*. Moskva: Nauka [in Russian].

UDC 621.791.75

Aleksandr Razmyshlyayev, Marina Ahieieva

OPTIMAL PARAMETERS OF A LONGITUDINAL MAGNETIC FIELD PROVIDING MIXING OF THE MELT IN A BATH IN ARC SURFACING

Urgency of the research. One of the ways to improve the submerged arc surfacing process efficiency with wire is to use a control longitudinal magnetic field. (LMF). It is possible to control the geometrical dimensions of the surfaced beads, the electrode wire melting productivity increases, grinding of the structural components of the weld metal is achieved.

Target setting. For effective mixing of the melt in the bath in arc surfacing with the act of the LMF, it is necessary for the melt to reach the extreme points of the tail end of the weld bath. It is necessary to determine the velocity of flows induced in the melt under the action of LMF for different frequencies and induction LMF.

Actual scientific researches and issues analysis. It has been shown in recent publications that for grinding the structural components of the surfaced metal and increasing its service characteristics during arc surfacing with the act of alternating LMF, it is necessary to ensure the mixing of the melt in the bath along its entire length.

Uninvestigated parts of general matters defining. The works that would deal with the mixing of the melt in the bath along its entire length during arc surfacing with the act of the alternating LMF are practically absent.

The research objective. Determination of the optimal parameters of the alternating LMF, which would ensure effective mixing of the metal in the bath at submerged arc surfacing (welding) with wire.

The statement of basic materials. It was assumed in the calculation method that through the head of the bath (before the arc) 90% of the total surfacing current. The dimensions of the recess (crater) under the arc in the liquid metal are determined with the help of refractory inserts. The values of velocity and acceleration, which reaches the liquid metal under the action of alternating LMF are determined.

Conclusions. The optimal values of induction and frequency of LMF, providing effective mixing of the melt in the bath at submerged arc surfacing are determined.

Keywords: arc surfacing and welding, longitudinal magnetic field, frequency, induction, mixing

Fig.: 5. Table: 1. References: 10.

Размышляев Александр Денисович – доктор технических наук, профессор, доцент кафедры автоматизации и механизации сварочного производства, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет» (ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87555, Украина).

Razmyshlyayev Aleksandr – Doctor of Technical Science, Professor, Associate Professor of Automation and Mechanization of Welding Production Department, State Higher Educational Institution “Pryazovskyi State Technical University” (7 Universitetska Str, 87555 Mariupol, Ukraine).

E-mail: razmyshlyayev@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6616-7717>

SCOPUS Author ID: 6602501672

Агеева Марина Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры оборудования и технологий сварочного производства, Донбасская государственная машиностроительная академия (ул. Академическая, 72, г. Краматорск, 84300, Украина).

Ahieieva Marina – PhD in Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of Equipment and Technology of Welding Production Department, Donbas State Engineering Academy (72 Akademichna Str., 84300 Kramatorsk, Ukraine).

E-mail: maryna_ah@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8275-6781>

SCOPUS Author ID: 57197921565

УДК 621.9.06

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-16-22

Геннадій Пасов, Володимир Венжега, Валерій Бакалов

ШЛІФУВАННЯ ФАСОННИХ ПОВЕРХОНЬ НА ВЕРСТАТІ ВЗ-208-ФЗ

Актуальність теми дослідження. Шліфування фасонних поверхонь на обладнанні з широкими технологічними можливостями дає змогу здійснювати продуктивну та точну обробку складних деталей. Застосування його в машинобудуванні можливо як в основному виробництві, так і в ремонтно-відновлювальному.

Постановка проблеми. Нині одним зі шляхів виходу з тяжкої кризи є становлення машинобудування та металообробки. У загальному обсязі металообробки безперервно збільшується відсоток деталей зі складними поверхнями, які суттєво впливають на техніко-економічні показники машин. До таких деталей відносять: лопатки газових та парових турбін, зірочки диференціалів автомобілів, прес-форми, валки трубопрокатних станів, корпусні деталі суден, ракет, літаків, дискові, циліндричні, торцеві кулачки та інші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливі труднощі при обробці фасонних поверхонь викликає обробка точних фасонних поверхонь в умовах серійного, а також масового виробництва. Обробка цих поверхонь відрізняється від обробки простих поверхонь яскраво виявленою нестационарністю, рівень якої суттєво впливає на обрання технологічного процесу обробки цих поверхонь, а також обладнання для їх обробки. Тому перед обранням технології та обладнання необхідно проаналізувати закономірності, які властиві процесу обробки фасонних поверхонь. З урахуванням зміни номенклатури поверхонь, які оброблюються, а також для підвищення точності обробки доцільно використовувати верстати з числовим програмним керуванням.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. У процесі зняття припуску та формоутворення необхідної поверхні інструмент переміщується не по нормалі. На верстаті моделі МА-369-ФЗ шліфувальний круг переміщується тільки в одному напрямку, тобто буде зворотно-поступальний рух. При цьому необхідно враховувати радіус шліфувального круга. Необхідно запропонувати таке обладнання, яке дозволить вирішити цю проблему.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є дослідження можливості шліфування фасонних поверхонь на верстаті ВЗ-208-ФЗ.

Виклад основного матеріалу. На верстаті моделі ВЗ-208-ФЗ є можливість вести обробку шліфувальним кругом, який переміщується по двох координатах, тобто здійснюється схема обробки з площинно-поступальним рухом. При зворотно-поступальному русі зняття припуску буде здійснюватись за паралельними кривими, при площинно-поступальному – за еквідистантою. У процесі обробки шліфувальний круг постійно зношується і потребує періодичної правки, що необхідно враховувати при складанні керуючої програми, тобто кожен оброблюваний контур необхідно програмувати окремо. На верстаті ВЗ-208-ФЗ (площинно-поступальний рух) є можливість виключити вплив радіуса шліфувального круга, а відповідно, і його знос, на точність формоутворення. При цьому в керуючій програмі необхідні періодичні додаткові підводи, контур обробки при цьому не змінюється. При фінішній обробці відбувається постійне уточнення профілю обробки. Таким чином, площинно-поступальна схема обробки (верстат моделі ВЗ-208-ФЗ) має суттєві переваги перед зворотно-поступальною схемою.

Висновки відповідно до статті. Одержано можливість обробляти деталі типу кулачка, на верстаті ВЗ-208-ФЗ з ЧПК 2С42 з площинно-поступальною схемою обробки. Розроблена методика дозволяє підвищити точність обробки за рахунок зняття припуску за еквідистантними кривими, не враховуючи радіуса шліфувального круга. Керуюча програма суттєво спрощується, оскільки потребує лише одного задаючого профілю кулачка та періодичних додаткових підводів, які враховують знос шліфувального круга та його правку. Запропонований метод обробки може бути використано в серійному виробництві, де необхідно часто переходити на різнопланову продукцію, а також під час проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Ключові слова: поступальний рух; похибка; профіль; фасонна поверхня; шліфування.

Рис.: 3. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. Шліфування фасонних поверхонь на обладнанні з широкими технологічними можливостями дає змогу здійснювати продуктивну та точну обробку складних деталей. Застосування його в машинобудуванні можливо як в основному виробництві, так і в ремонтно-відновлювальному.

Постановка проблеми. Нині одним зі шляхів виходу з тяжкої кризи є становлення машинобудування та металообробки. У загальному обсязі металообробки безперервно збільшується відсоток деталей зі складними поверхнями, які суттєво впливають на техніко-економічні показники машин. До таких деталей відносять: лопатки газових та парових турбін, зірочки диференціалів автомобілів, прес-форми, валки трубопрокатних станів, корпусні деталі суден, ракет, літаків, дискові, циліндричні, торцеві кулачки та інші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Високопродуктивна обробка фасонних поверхонь – це складна технологічна задача. Особливі труднощі викликає обробка точних фасонних поверхонь в умовах серійного, а також масового виробництва.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Обробка фасонних поверхонь відрізняється від обробки простих поверхонь (площинних, циліндричних та інших) яскраво виявленою нестаціонарністю, рівень якої суттєво впливає на обирання технологічного процесу обробки цих поверхонь, а також обладнання для їх обробки [1-5]. Тому перед обиранням технології та обладнання необхідно проаналізувати закономірності, які властиві процесу обробки фасонних поверхонь.

З урахуванням зміни номенклатури поверхонь, які оброблюються, а також для підвищення точності обробки доцільно використовувати верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК). Згідно з [6] при обробці кулачка розподільного вала для отримання заданої на ньому точки необхідно складання керуючої програми.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. У процесі зняття припуску та формоутворення необхідної поверхні інструмент переміщується не по нормалі. Так, на верстаті моделі МА-369-ФЗ [7] шліфувальний круг переміщується тільки в одному напрямку, тобто буде зворотно-поступальний рух [8-10]. При цьому необхідно враховувати радіус шліфувального круга. Необхідно запропонувати таке обладнання, яке дозволить вирішити цю проблему.

Мета статті. Метою цієї роботи є дослідження можливості шліфування фасонних поверхонь на верстаті ВЗ-208-ФЗ.

Виклад основного матеріалу. На верстаті моделі ВЗ-208-ФЗ є можливість вести обробку шліфувальним кругом, який переміщується по двох координатах, тобто здійснюється схема обробки з площинно-поступальним рухом.

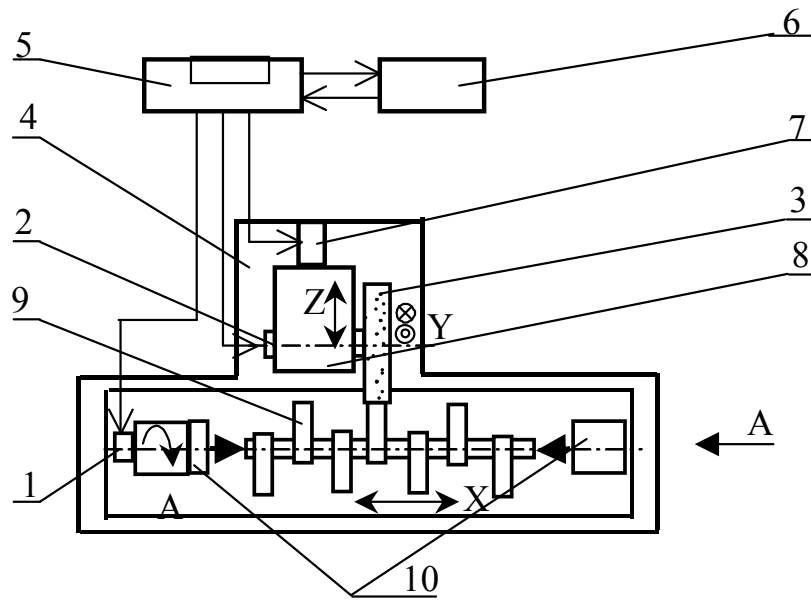
На рис. 1 показано загальний вигляд верстата з ЧПК для шліфування фасонних поверхонь, наприклад, кулачків розподільних валів. Формоутворення фасонних поверхонь відбувається при синхронному переміщенні шліфувальної каретки 8 (напрямки Y та Z) та обертанні виробу 9 (рух A). Програма записана на програмоносій та після вводу в пристрій 5 зберігається в блоці пам'яті 6, звідки вона може багаторазово викликатись для використання. Шліфувальна каретка 8 з кругом 3 переміщується по напрямних станини 4 від сервопривода 7. Крім того, шліфувальний круг 3 переміщується у вертикальному напрямку по колоні від сервопривода 2. Деталь 9, яка оброблюється на верстаті, встановлюється в центрах передньої та задньої бабок 10 та приводиться в рух від сервопривода 1. Перехід на обробку наступного кулачка здійснюється після поздовжнього переміщення (рух X).

На відміну від верстата моделі МА-369-ФЗ [6], на верстаті моделі ВЗ-208-ФЗ шліфувальний круг здійснює два рухи: в напрямку заготовки та у вертикальному напрямку. Вертикальний рух круга необхідний для того, щоб вектор подачі був завжди дотичним у точці обробки.

Порівнюємо зворотно-поступальну і площинно-поступальну схеми обробки. Згідно з [2] при зворотно-поступальній схемі глибина різання в різних точках буде величиною змінною. Відповідно це буде впливати на процес обробки: змінна сила різання, деформація та інше. При площинно-поступальній схемі глибина різання буде величиною постійною, а отже, під час обробки будуть рівномірні навантаження на круг. При зворотно-поступальному русі зняття припуску буде здійснюватись за паралельними кривими, при площинно-поступальному – за еквідистантою.

У процесі обробки шліфувальний круг постійно зношується і потребує періодичної правки, що необхідно враховувати при складанні керуючої програми, тобто кожен оброблюваний контур необхідно програмувати окремо. На верстаті ВЗ-208-ФЗ (площинно-поступальний рух) є можливість виключити вплив радіуса шліфувального круга, а відповідно, і його знос, на точність формоутворення. При цьому в керуючій програмі необхідні періодичні додаткові підводи, контур обробки при цьому не змінюється. При фінішній обробці відбувається постійне уточнення профілю обробки.

Таким чином, площинно-поступальна схема обробки (верстат моделі ВЗ-208-ФЗ) має суттєві переваги перед зворотно-поступальною схемою (верстат моделі МА-369-ФЗ).



Вид А

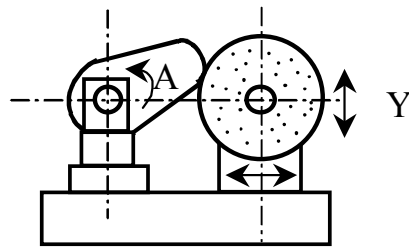


Рис. 1. Схема обробки:

1, 2, 7 – сервоприводи; 3 – шліфувальний круг; 4 – станина; 5 – пристрій вводу;
 6 – блок пам'яті; 8 – каретка; 9 – деталь, яка обробляється; 10 – центри

Якщо відомі розрахункові точки кулачка, то при складанні програми керування необхідно знайти координати точок дотику шліфувального круга та кулачка, тобто координати переміщень шліфувального круга (рис. 2).

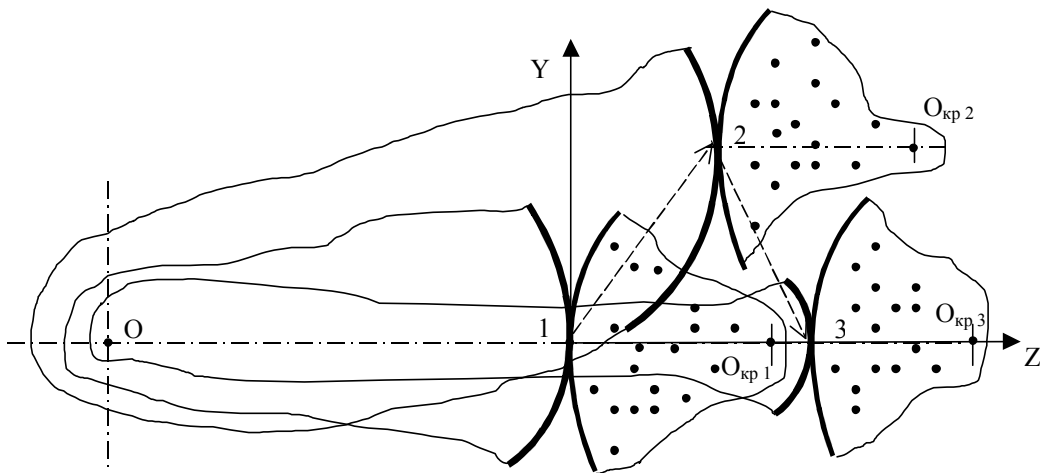


Рис. 2. Схема положень деталі та круга під час обробки

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

На рис. 3 показана розрахункова схема одержання точок профілюючого руху. При повороті кулачка на кут α , штовхач має робочий підйом, який дорівнює S , та кутову швидкість $\frac{dS}{d\alpha}$. Як видно з рис. 2, точка кулачка A з'являється в точці дотику площинного штовхача. З $\triangle OAB$ знаходимо радіус r та кут ϕ цієї точки, тобто знаходимо її полярні координати:

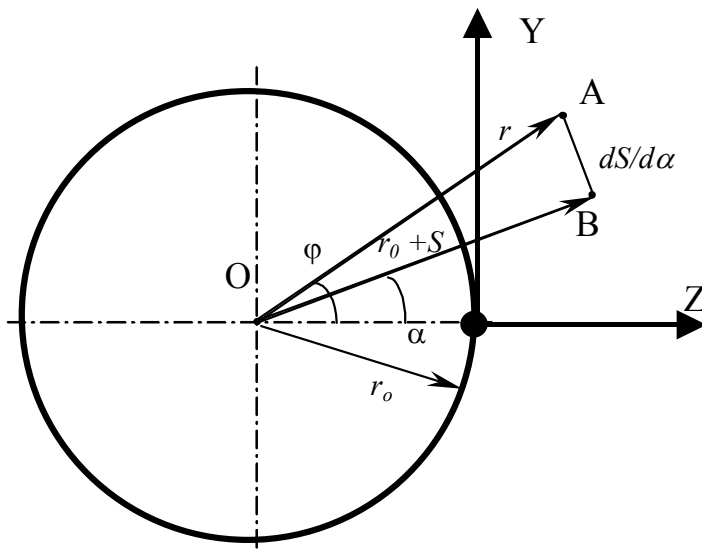


Рис. 3. Схема отримання точок профілюючого руху

$$r = \sqrt{(r_0 + S)^2 + \left(\frac{dS}{d\alpha}\right)^2} \tag{1}$$

$$\phi = \alpha + \arctg \left(\frac{\frac{dS}{d\alpha}}{r_0 + S} \right), \tag{2}$$

де r_0 – початковий радіус кулачка, мм;

S – величина підйому кулачка, мм;

α – поворот кулачка на заданий кут, град.

Таким чином для того, щоб шліфувальний круг утворив точку A , необхідно при повороті кулачка на кут α шліфувальний круг змістити в напрямку Z на величину S , а в напрямку Y – на величину $\frac{dS}{d\alpha}$. Після цих перетворень отримаємо таблицю переміщень шліфувального круга.

Якщо переміщуватись від точки до точки за прямолінійною траєкторією, то оброблена поверхня може мати «огранку», тобто не буде плавності переходу від однієї точки до іншої. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є заміна прямолінійних ділянок на дуги кіл.

У відповідності з [6] координати центра дуги кола, яку описано за трьома точками, розраховують за формулами:

$$I = 2 \cdot \begin{vmatrix} Z_q - Z_{q+2} & Y_q - Y_{q+2} \\ Z_q - Z_{q+1} & Y_q - Y_{q+1} \end{vmatrix} \tag{3}$$

$$Z_i = -\frac{1}{I} \cdot \begin{vmatrix} Z_q^2 - Z_{q+1}^2 + Y_q^2 - Y_{q+1}^2 & Y_q - Y_{q+1} \\ Z_q^2 - Z_{q+2}^2 + Y_q^2 - Y_{q+2}^2 & Y_q - Y_{q+2} \end{vmatrix} \quad (4)$$

$$Y_i = \frac{1}{I} \cdot \begin{vmatrix} Z_q - Z_{q+1} + Y_q - Y_{q+1} & Z_q - Z_{q+1} \\ Z_q - Z_{q+2} + Y_q + Y_{q+2} & Z_q - Z_{q+2} \end{vmatrix}, \quad (5)$$

де Z_q, Z_{q+1}, Z_{q+2} – координата Z відповідно точки $q, q + 1, q + 2$, мм;
 Y_q, Y_{q+1}, Y_{q+2} – координата Y відповідно точки $q, q + 1, q + 2$, мм;
 Z_i, Y_i – координати центра i -того кола, мм.

Радіус описаного кола R_i знаходиться за формулою:

$$R_i = \sqrt{(Z_q - Z_i)^2 + (Y_q - Y_i)^2}. \quad (6)$$

Радіус-вектор середини хорди L_i знаходиться за формулою:

$$L_i = \sqrt{\left(\frac{Z_q + Z_{q+1}}{2} - Z_i\right)^2 + \left(\frac{Y_q + Y_{q+1}}{2} - Y_i\right)^2}. \quad (7)$$

Різницю між R_i та L_i будемо називати похибкою та знайдемо її за формулою:

$$\Delta_i = R_i - L_i. \quad (8)$$

Розрахунки за формулами (3) – (8) показали, що величина Δ_i здебільшого менша за 1 мкм. Якщо точність виготовлення кулачка 1 мкм, то на ділянках з Δ_i , яка менша за цієї точності, доцільно проводити рух по прямій, а на ділянках з Δ_i , яка перевищує точність 1 мкм, здійснювати рух по дузі кола.

Усі розрахунки проводились із використанням програми DUGA.

Висновки відповідно до статті. Таким чином, одержано можливість обробляти деталі типу кулачка на верстаті ВЗ-208-ФЗ з ЧПК 2С42 з площинно-поступальною схемою обробки. Розроблена методика дає змогу підвищити точність обробки за рахунок зняття припуску за еквідистантними кривими, не враховуючи радіус шліфувального круга. Керуюча програма суттєво спрощується, оскільки потребує лише одного задаючого профілю кулачка та періодичних додаткових підводів, які враховують знос шліфувального круга та його правку. Запропонований метод обробки може бути використано в серійному виробництві, де необхідно часто переходити на різнопланову продукцію, а також під час проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Список використаних джерел

1. Бочков В. М., Сілін Р. І. Обладнання автоматизованого виробництва: навчальний посібник. Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. 380 с.
2. Грабченко А. И., Доброскок В. Л., Федорович В. А. 3D моделирование алмазно-абразивных инструментов и процессов шлифования: учебное пособие. Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. 364 с.
3. Грабченко А. И., Кальченко В. И., Кальченко В. В. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали: монография. Чернигов: ЧДТУ, 2009. 256 с.
4. Кальченко В. И. Научные основы шлифования криволинейных поверхностей с управляемой ориентацией абразивного инструмента: дис. ... д-р техн. наук / Чернігівський технологічний інститут. Харьков, 1994. 491 с.
5. Кальченко В. И. Шлифование криволинейных поверхностей крупногабаритных деталей. Москва: Машиностроение, 1979. 160 с.
6. Кулик В. К., Петраков Ю. В., Иотов В. В. Прогрессивные процессы обработки фасонных поверхностей. Киев: Техника, 1987. 176 с.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

7. Пасов Г. В., Кальченко В. В., Рудик А. В., Лясота В. Ю. Обчислення керуючих координат шліфувального круга при різних схемах його руху. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету*. 2001. № 13. С. 73-77.
8. Решетов Д. Н., Потрман В. Т. Точность металлорежущих станков. Москва: Машиностроение, 1986. 336 с.
9. Эльянов Э. Д. Шлифование в автоматическом цикле. Москва: Машиностроение, 1980. 101 с.
10. Юнусов Ф. С. Формирование сложнопольных поверхностей. Москва: Машиностроение, 1987. 248 с.

References

1. Bochkov, V. M. & Silin. R. I. (2000). *Obladnannia avtomatyzovanoho vyrobnytstva [Equipment for automated production]*. Lviv: Lvivska politehnika [in Ukrainian].
2. Grabchenko, A. I., Dobroskok, V. L. & Fedorovych, V. A. (2006). *3D-modelirovaniealmazno-abrazivnykh instrumentov i protsessov shlifovaniia [3D-modeling of diamond-abrasive tools and grinding processes]*. Kharkiv: NTU «KhPI» [in Russian].
3. Grabchenko, A. I., Kalchenko, V. I. & Kalchenko, V. V. (2009). *Shlifovanie so skreshhivaiushhimisia osiami instrumenta i detali [Grinding with crossed axes of tool and workpiece]*. Chernigov: ChDTU [in Russian].
4. Kalchenko, V.I. (1994). *Nauchnye osnovy shlifovaniia krivolineinykh poverkhnostei s upravliaemoi orientatsiei abrazivnogo instrumenta [Scientific fundamentals of grinding curvilinear surfaces with controlled orientation of abrasive tools]*. (Thesis ... Dr. tech. of science). Kharkiv Polytechnic University, Kharkiv [in Russian].
5. Kalchenko, V. I. (1974). *Shlifovanie krivolineinykh poverkhnostei krupnogabarytnykh detalei [Grinding curved surfaces of large parts]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
6. Kulyk, V. K., Petrakov, Yu. V. & Yotov, V. V. (1987). *Progressivnyie protsessy obrabotki fasonnykh poverkhnostei [Progressive machining of shaped surfaces]*. Kiev: Tekhnika [in Russian].
7. Pasov, H. V., Kalchenko, V. V., Rudyk A. V. & Liasota, V. Iu. (2001). *Obchyslennia keruiuchykh koordynat shlifovalnogo kruha pry riznykh skhemakh yoho rukhu [Calculation of the coordinates of the grinding wheel at different schemata of its movement]*. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu – Bulletin of the Chernihiv State Technological University*, 13, 73-77 [in Ukrainian].
8. Portman, V. T., Reshetov, D. N. (1986). *Tochnost metallorzhushchih stankov [Accuracy of machine tools]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
9. Elyanov, E. D. (1980). *Shlifovanie v avtomaticheskome tsikle [Grinding in an automatic cycle]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
10. Yunusov, F. S. (1987). *Formirovanie slozhnoprofilnykh poverkhnostey [The formation of complex surfaces]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].

UDC 621.9.06

*Hennadii Pasov, Volodymyr Venzhega, Valerii Bakalov***GRINDING OF SHAPED SURFACES ON THE MACHINE VZ-208-F3**

Urgency of the research. Grinding of the shaped surfaces on the equipment with wide technological possibilities enables productive and accurate processing of the complex parts. Its use in mechanical engineering is possible both in the main production and in repair and restoration.

Target setting. At present, one of the ways out of a grave crisis is the formation of machine building and metalworking. In the total volume of metal processing, the percentage of parts with complex surfaces continuously increasing, which significantly affect the technical and economic performance of machines. These details include: blades of gas and steam turbines, asterisks of cars differentials, molds, rolling rolls of rolling mills, body parts of ships, missiles, planes, disk, cylindrical, end cam, and others.

Actual scientific researches and issues analysis. Special difficulties in the processing of shaped surfaces results in the processing of precision shaped surfaces in the conditions of mass production as well as mass production. The treatment of these surfaces differs from the treatment of simple surfaces with vividly detected non-stationary, the level of which significantly influences the choice of the technological process of processing these surfaces, as well as equipment for their processing. Therefore, before choosing technology and equipment, it is necessary to analyze the patterns that are inherent in the processing of shaped surfaces. Taking into account the change in the range of treated surfaces, as well as to improve the accuracy of processing, it is advisable to use numerically controlled machine tools.

Uninvestigated parts of general matters defining. In the process of removing the drop and shaping the required surface, the tool moves not in the normal. On a machine model MA-369-Ф3 the grinding wheel moves only in one direction, that

is, will be reciprocating motion. It is necessary to take into account the radius of the grinding wheel. It is necessary to offer such equipment, which will solve this problem.

The research objective. The purpose of this work is researching the opportunity of shaped surface grinding on the machine VZ-208-F3.

The statement of basic materials. On the machine model of the VZ-208-F3 is the ability to handle the grinding wheel, which moves in two coordinates, that is, a plan of processing with plane-translational motion is carried out. With a reciprocating motion, the removal of the abutment will be carried out in parallel curves, while plane-translational - by the equidistance. In the process of processing, the grinding wheel is constantly wearing out and requires periodic editing, which must be taken into account when compiling the control program, ie each working circuit must be programmed separately. On the machine VZ-208-F3 (plane-translational motion) is possible to exclude the influence of the radius of the grinding wheel, and, consequently, its wear, on the accuracy of shaping. In this case, the control program requires periodic additional supplies, the processing contour does not change. At the finishing process there is a constant refinement of the processing profile.

Conclusions. It is possible to process details of the type of cam on the machine VZ-208-F3 with CNC 2C42 with the plane-translational processing scheme. The developed method allows to improve the accuracy of processing by removing the admission by the equidistant curves, not taking into account the radius of the grinding wheel. The control program is greatly simplified, since it requires only one cam profile and periodic additional traps that take into account the wear and tear of the grinding wheel and its editing. The proposed treatment method can be used in serial production, where it is often necessary to switch to diverse products, as well as during repair and restoration works.

Keywords: translational motion; error; profile; shaped surface; grinding.

Fig.: 3. References: 10.

Пасов Геннадій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Pasov Hennadii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: genapasov@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7248-9085>

ResearcherID: H-4455-2014

Венжега Володимир Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Venzhega Volodymyr – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: venzhegavi@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8857-349X>

ResearcherID: J-4761-2014

Бакалов Валерій Григорович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Bakalov Valerii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: bakalow1972@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6297-7878>

ResearcherID: J-1337-2016

Максим Болотов

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ В ДОВГИХ ТРУБКАХ МАЛОГО ДІАМЕТРА

Актуальність теми дослідження. Очищення внутрішніх поверхонь труб є обов'язковою операцією, що передує нанесенню покриття з використанням методів вакуумного напилення. Суттєві недоліки традиційно застосованих методів хімічної та електрохімічної очистки таких поверхонь зумовило широке використання плазмових технологій на основі низькотемпературної плазми тліючого розряду.

Постановка проблеми. Зокрема, на сьогодні найбільш поширеним способом очищення поверхонь від різного роду забруднень є іонне розпилення з використанням газорозрядної плазми тліючого розряду. Такий спосіб очищення дозволяє ефективно видаляти основні види забруднень, такі як жири, адсорбовану воду, гази, окисли та обробляти поверхні різної конфігурації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Показано можливість застосування тліючого розряду в процесах очищення й нанесення покриття на внутрішню поверхню труб діаметром 56 мм довжиною 120 мм із застосуванням прикладеного поперечного магнітного поля. Однак при цьому виникає багато труднощів, переважно пов'язаних із низькою продуктивністю процесу, оскільки очищення внутрішньої поверхні таких труб здійснювалося протягом 60 хвилин.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Підвищити продуктивність обробки вдається можливим шляхом застосування тліючого розряду ініційованого в порожнистому катоді. Однак нині відсутні будь-які дані щодо розподілу концентрації заряджених часток всередині виробу, в якому $L \gg d$.

Мета роботи. Метою цієї роботи є порівняльний аналіз напружено-деформованого стану (НДС) при дифузійному зварюванні з'єднань із різнорідних матеріалів, що виникає при нагріванні в нормальному тліючому розряді і тліючому розряді, ініційованому в порожнистому катоді.

Виклад основного матеріалу. Із використанням зондової методики досліджували енергетичні характеристики плазми тліючого розряду, ініційованого в порожнистому катоді стосовно до умов очищення внутрішніх поверхонь довгих труб малого діаметра. Показано, що при тиску в газорозрядній камері 53 Па і струмі розряду 0,075 А, в досліджуваній геометрії катодної порожнини утворюється достатньо щільна плазма із концентрацією заряджених часток на рівні $1,6 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$, що відрізняється високою неоднорідністю по висоті порожнини (40...60 %). Також показано, що ефективним механізмом впливу на розподіл плазми всередині катода, в якому $L \gg D$, є зміна відстані катод-анод, зменшення якої від 40 до 20 мм підвищує рівномірність до 15...20 %, а введення в схему розряду додаткового анодного кільця – до 8...10 %.

Висновки відповідно до статті. Показано, що очищення внутрішньої поверхні довгих труб малого діаметра (в яких $L = 10D$) тліючим розрядом із використанням ефекту порожнистого катода ускладнене певними факторами, головним чином пов'язаних із досить високою неоднорідністю розподілу плазми всередині катодної порожнини.

Ключові слова: плазма; тліючий розряд; контактне порожнистий катод; електричний зонд.

Рис.: 7. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. Очищення внутрішніх поверхонь труб є обов'язковою операцією, що передує нанесенню покриття з використанням методів вакуумного напилення.

Суттєві недоліки традиційно застосованих методів хімічного та електрохімічного очищення таких поверхонь зумовлені наявністю залишків активних мийних речовин на поверхні, які є джерелами газовиділення у вакуумі, насичення воднем поверхні, що обробляється електролітами, велика кількість шкідливих відходів виробництва привели до розробки нових екологічно чистих електрофізичних методів та процесів, пов'язаних насамперед із впливом на оброблювану поверхню потоків заряджених частинок.

Останніми роками неухильно зростає використання плазми низького тиску в галузі обробки матеріалів трубчастих виробів [1].

Постановка проблеми. Зокрема, на сьогодні найбільш поширеним способом очищення поверхонь від різного роду забруднень є іонне розпилення з використанням газорозрядної плазми тліючого розряду [2]. Такий спосіб очищення дозволяє ефективно видаляти основні види забруднень, такі як жири, адсорбовану воду, гази, окисли, та обробляти поверхні різної конфігурації (у тому числі й внутрішні порожнини) і різної площі (від одиниць до десятків тисяч квадратних сантиметрів). Крім того, при іонному очищенні на поверхні виробу виникають мікрodefекти структури у вигляді вакансій, які при подальшому осадженні покриття будуть центрами його конденсації [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [5] показана можливість застосування тліючого розряду в процесах очищення й нанесення покриття на внутрішню поверхню труб діаметром 56 мм довжиною 120 мм із застосуванням прикладеного поперечного магнітного поля. Однак при цьому виникають труднощі, переважно пов'язані з низькою продуктивністю процесу, оскільки очищення внутрішньої поверхні таких труб із застосуванням іонного розпилення здійснювалося протягом 60 хвилин.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Задача суттєво ускладнюється при очищенні внутрішніх поверхонь саме довгих труб, в яких $L \gg d$, що необхідно, наприклад, для подальшого нанесення покриття [6], оскільки в таких умовах практично неможливо забезпечити рівномірне заповнення внутрішньої порожнини іонізованою плазмою. Плазмовий градієнт, що виникає в такому випадку, неминуче призводить до погіршення якості обробки на віддалених від аноду ділянках, оскільки енергія іонів, що бомбардують поверхню виробу і тим самим реалізують її розпилення, буде втрачатись на подолання значної дистанції.

Нині проблема очищення внутрішніх поверхонь таких виробів із застосуванням іонних технологій залишається відкритою, вирішення якої пов'язано з певними труднощами, головним чином обумовленими складною геометрією виробу, оскільки будь-яка зміна у формі катода розряду (деталі) призведе до зміни конфігурації розподілу потенціалу всередині нього.

Аналізуючи процеси, що протікають при горінні тліючого розряду з осциляцією емітованих електронів всередині катодної порожнини, дає нам підстави для дослідження доцільності застосування ефекту порожнистого катода з метою очищення внутрішніх поверхонь таких виробів.

Оскільки плазма тліючого розряду при цьому концентрується виключно всередині катодної порожнини (деталі, що обробляється), не повинно виникати жодних проблем із зарядом зразка потоком іонів і вторинних електронів, емітованих із поверхні виробу внаслідок іонно-електронної емісії, які, потрапляючи в сильне електричне поле в області катодного падіння потенціалу, знову спрямовуються на поверхню катода [7].

Унаслідок такого бомбардування внутрішньої поверхні виробу іонами робочого газу відбувається розпилювання матеріалу катода, що призводить до вивільнення його поверхні від різного роду забруднень з утворенням поверхневих дефектів, тобто відбувається активація поверхні виробу. Таке розпилювання буде тим інтенсивніше, чим більша кількість бомбардуючих внутрішню поверхню катода часток та вище їхня енергія.

Однак на сьогодні відсутні будь-які дані стосовно розподілу концентрації плазмових іонів та вторинних електронів, що ініціюються всередині катодної порожнини, в якій $L \gg d$.

Мета роботи. У зв'язку з вищезазначеним, для подальшого дослідження процесів розпилення матеріалів внутрішніх поверхонь довгих труб малого діаметра в низькотемпературній плазмі тліючого розряду, що горить у порожнистому катоді, з метою їх поверхневого очищення доцільно провести дослідження з визначення розподілу концентрації заряджених часток усередині катодної порожнини.

Виклад основного матеріалу. Характерною рисою низькотемпературної газорозрядної плазми, як фізичного об'єкта з великою концентрацією енергії, є наявність в ній різного роду високоактивних часток, таких як іони, електрони, радикали, збуджені частки та фотони, але головну роль у процесах розпилення катодного матеріалу відіграють саме інтенсивні потоки іонів, бомбардуючих поверхню катода, та швидкі електрони, емітовані катодом під впливом іонів, викликаючи вторинну електронну емісію з катода.

Таким чином, діагностування плазми, розповсюджуваної від катода, полягає у вимірюванні розподілення саме іонного та електронного струмів по поверхні катодної порожнини.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Для визначення співвідношення струмів іонів і електронів, що протікають у прикатодній області, застосовували метод ленгмюрівського електричного зонду. Зонд являє собою допоміжний електрод, виконаний із тонкого прутка вольфраму діаметром 0,5 мм, покритий керамічною ізоляцією для виключення можливості пробією й електричного контакту між зондом і електродом. Довжина збираючої (оголеної) частини зонду становить 5 мм. Довжина збираючої (оголеної) частини зонду становить 3 мм. Розмір та форма перерізу зонду були вибрані таким чином, щоб мінімізувати можливості утворення плазмових збурень із урахуванням наступних вимог: радіус Дебая для досліджуваної плазми повинен бути набагато менше за радіус зонда, $R_D \gg R_p$; довжина вільного пробігу часток повинна бути набагато більша за розмір збираючої частини зонду $\lambda \gg R_p$ [8].

Визначення величини дебаєвського радіусу здійснювали за наступною формулою:

$$R_D = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 k T_e}{n_e^2}}, \quad (1)$$

де ε_0 – діелектрична проникність вакууму; k – постійна Больцмана; T_e – електронна температура, n_e – концентрація плазми.

Розрахунок показав, що радіус екранування в наших умовах наближується до значення $R_D \sim 10^{-6}$ м, що набагато менше за радіус зонду. Це зумовлює правомірність застосування нашого зонда.

Дослідження плазми проводилося відповідно до наведеної схеми (рис. 1).

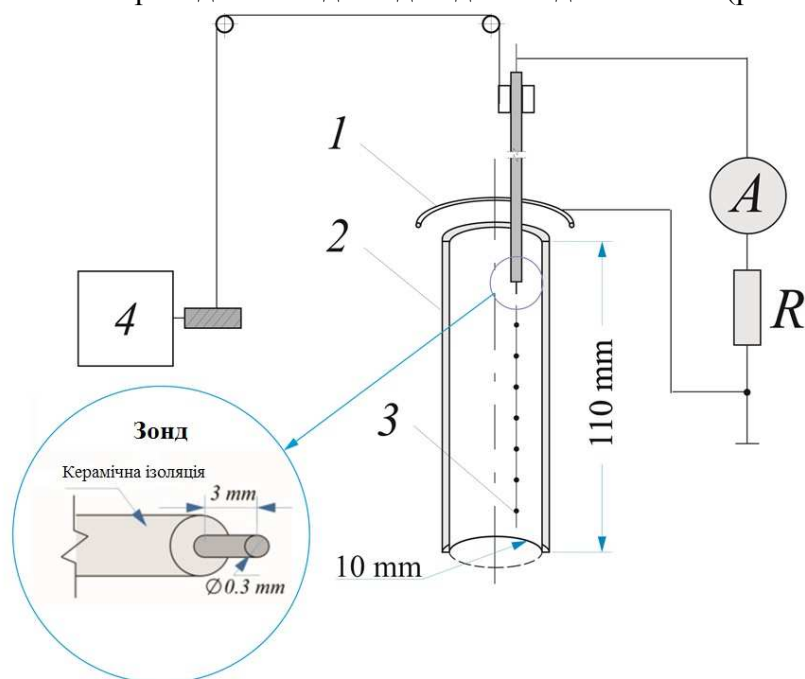


Рис. 1. Схема зондових вимірювань:

1 – анод; 2 – порожнистий катод; 3 – електричний зонд; 4 – електромагніт

У наших дослідах катод являв собою порожнисту трубку виконану з алюмінію АД1 діаметром 10 мм та довжиною 110 мм. Фіксування розподілу іонної та електронної температури біля поверхні катоду здійснювали шляхом занурення зонду вглиб катодної порожнини в осьовому напрямку з кроком в 10 мм.

Зонд приводився в рух реверсивним електродвигуном, розміщеним усередині розрядної камери, за допомогою якого він міг опускати й підніматися. Живлення електродвигуна здійснювали від джерела ВС-24. Швидкість руху зонда становила 0,5 см/с.

Дослідження здійснювали в середовищі аргону при тиску в газорозрядній камері 53 Па. Розрядний струм підтримувався постійним на рівні 0,075 А. Напруга запалювання розряду при цьому становила 400 В. Значення максимальних іонного та електронного струмів фіксували дзеркальним міліамперметром типу М502 класу 0,1.

Зондові потенціали змінювалися в межах від -20 до -200 В. При цьому вважалося, що при потенціалі в -20 В на зонд будуть потрапляти лише швидкі, так звані γ -електрони, які, прискорюючись у прикатодній області, набувають енергії, що відповідає величині катодного падіння потенціалів. Кількість таких часток обмежена, але їхній внесок в іонізацію є основним, в той час як внесок вторинних електронів, що виникають в результаті іонізації швидкими частками не є суттєвим, оскільки вони не отримують необхідної кількості енергії. При потенціалі в -200 В зонд буде насичуватися лише позитивними іонами, оскільки в цьому випадку такий значний негативний потенціал буде служити бар'єром для потрапляння на зонд емітованих катодом швидких електронів [9].

Просторовий розподіл газорозрядної плазми вздовж внутрішньої стінки катодної порожнини досліджували при зміні міжелектродної відстані ($L_{к-а}$), і за умови наявності додаткового анода в розрядному проміжку. У першому випадку фіксували розподіл іонного та електронного струмів при віддаленні аноду на відстань 20, 30 та 40 мм від апертури катода. У другому – у розрядне коло вводився допоміжний анод, що розміщувався з протилежного торця катодної порожнини. Міжелектродна відстань для обох анодів становила 40 мм.

Вимірювання в кожному з дослідів здійснювалися у вигляді серії з 4-5 знімачів, після чого результати усереднювалися з відкиданням випадуючого значення, поява яких, на нашу думку, була пов'язана із перенасиченням зонду.

Слід зазначити, що протягом деякого часу після запалювання розряду на внутрішній поверхні катодної порожнини спостерігались характерні для алюмінію мікродугові пробої, очевидно, пов'язані з наявністю на його поверхні шару оксидної плівки. З часом частота таких спалахів дещо зменшується і розряд переходить у більш стабільну фазу горіння.

Сутність методу електричних зондів полягає в отриманні зондової вольт-амперної характеристики певної ділянки плазми та визначенні за її допомогою основних величин, що характеризують процеси, які в ній протікають. Температуру електронного газу визначали по куту нахилу зондової ВАХ, побудованої в напівлогарифмічному масштабі круто спадаючої її ділянки (рис. 2).

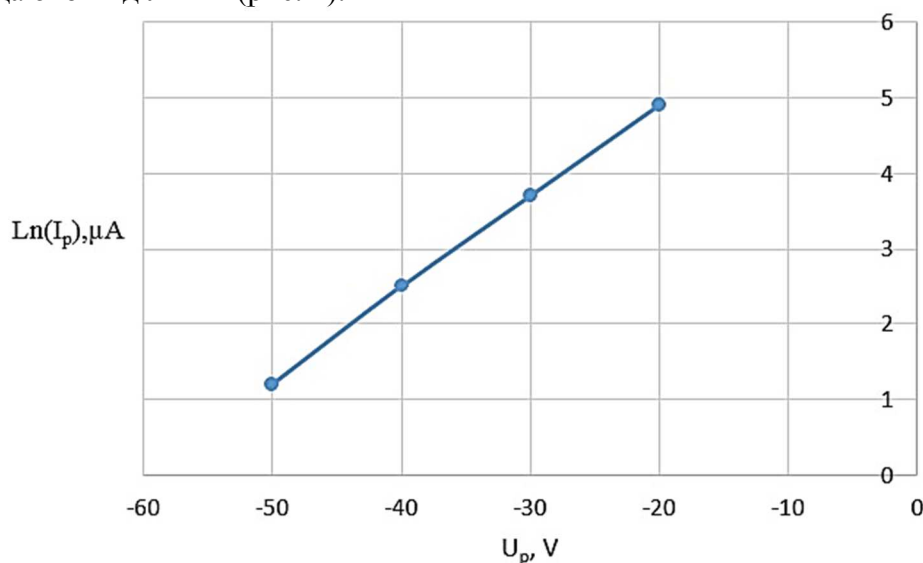


Рис. 2. Вольт-амперна характеристика ділянки плазми в напівлогарифмічному масштабі, на відстані 20 мм усередині катода при зміні зондового потенціалу в межах від -20 до -100 В, тиску аргону $P = 53$ Па

$$T_e = 11600 \frac{\Delta U_p}{\Delta \ln I_p}, \quad (2)$$

де $\Delta \ln I_p$ – приріст логарифма електронного струму; ΔU_p – зміна потенціалу зонда, що викликало це прирощення.

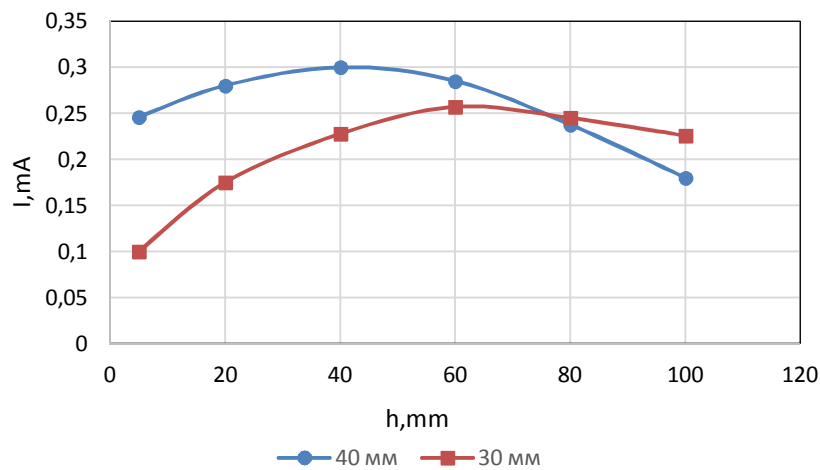
Концентрацію заряджених часток у плазмі розряду визначали за такою формулою [10]:

$$n_e = \frac{I_e}{eS} \sqrt{\frac{8kT_e}{\pi m_e}}, \quad (3)$$

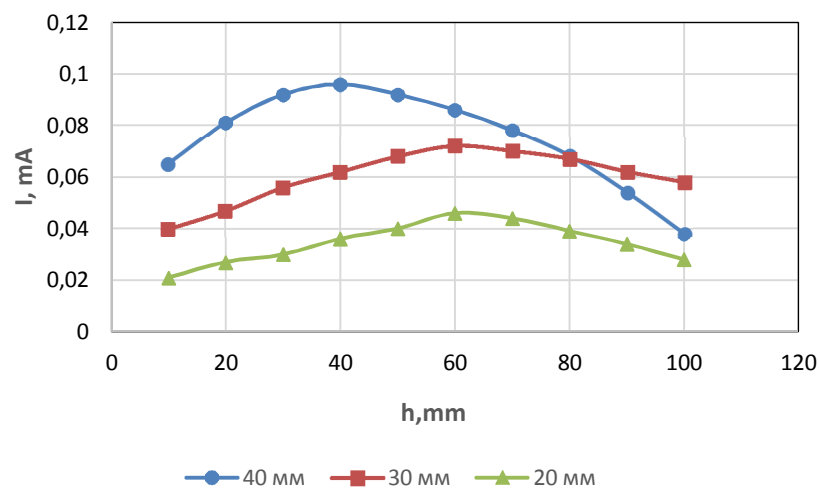
де I_e – електронний струм на зонд при потенціалі плазми; e , m_e – заряд та маса електрона відповідно; S – площа робочої поверхні зонду.

Проведені розрахунки показують, що при електронній температурі, що дорівнює $T_e = 8$ еВ і зондовому струмі, що відповідає потенціалу плазми $I_e = 0,045$ мА, маємо досить щільну плазму із концентрацією електронів в середині порожнини, що складає $n_e = 1,6 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$.

Результати зондових вимірювань із зміною міжелектродного проміжку представлені на рис. 3.



a



б

Рис. 3. Результати вимірювань: електронного струму (а), іонного струму (б) по висоті катодної порожнини h із міжелектродною відстанню в 20, 30 та 40 мм

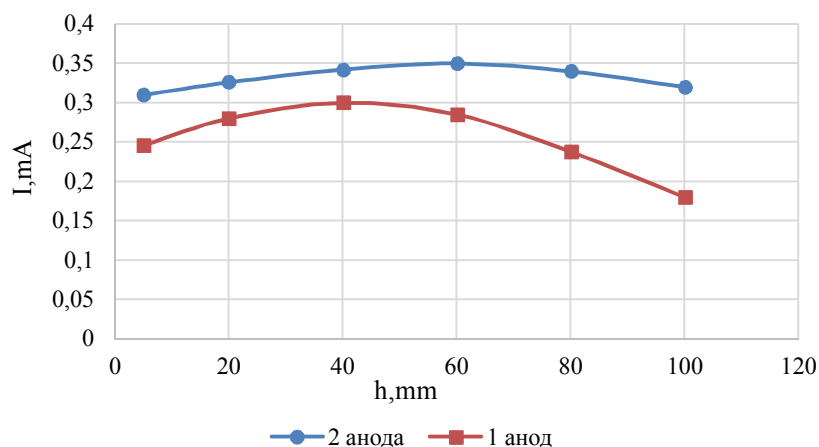
Експериментально отримані залежності показують, що характер зміни іонної та електронної температури по висоті катодної порожнини ідентичний, але значення струмів дещо відрізняються в сторону збільшення електронного струму. Це зумовлено особливостями низькотемпературної нерівноважної плазми, оскільки енергія електронів у такій плазмі значно перевищує енергію іонів.

В обох випадках збільшення міжелектродної відстані від 20 до 40 мм призводить до незначного посилення іонного та електронного струмів, при цьому спостерігається зсув піку наростання концентрації заряджених часток у напрямку ближчого до анода вихідного отвору катодної порожнини. Таким чином, при віддаленні анодного кільця від апертури порожнини відбувається незначне висування плазми в бік до анода, що підтверджується різким спадом концентрації заряджених часток на периферії системи.

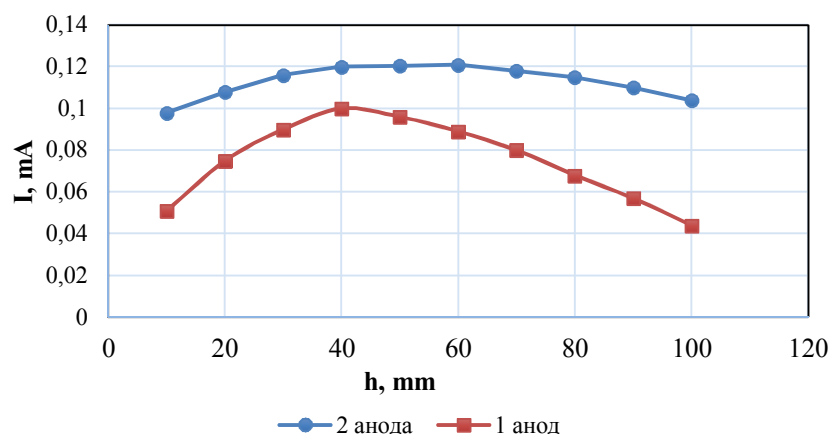
Зовнішній вигляд кривих з яскравим максимумом в центрі катода та стрімким спадом на віддаленій його ділянці обумовлюється, ймовірно, неоднорідністю плазми всередині порожнини викликаної нерівномірним розподілом потенціалу по його висоті. Це сприяє тому, що плазма проникає в катод на певну глибину і може не досягати його основи.

Для досягнення однорідного розподілення плазми по висоті катодної порожнини були проведені дослідження із введенням у газорозрядну систему допоміжного анода з метою підвищення іонізаційних та емісійних процесів на периферії катода.

Залежності, отримані в дослідах із двома анодами, представлені на рис. 4.



а



б

Рис. 4. Результати вимірювань: електронного струму (а), іонного струму (б) по висоті катодної порожнини h із додатковим анодом у газорозрядній системі

Вид кривих розподілу іонного та електронного струмів по катоду показує, що введення в коло розряду додаткового аноду призводить до деякого перерозподілу плазми всередині порожнини з характером, близьким до лінійного, чому свідчить верхня крива на графіках. Такий розподіл пов'язаний зі збільшенням генерації заряджених часток на віддалених ділянках катоду, оскільки розміщення другого аноду з протилежного катодного торця ініціює там появу емісійних процесів зі зростанням числа іонів, що бомбардують поверхню (рис. 5). Це призводить і до деякого підвищення як іонної, так і електронної температури в системі з двома анодами.

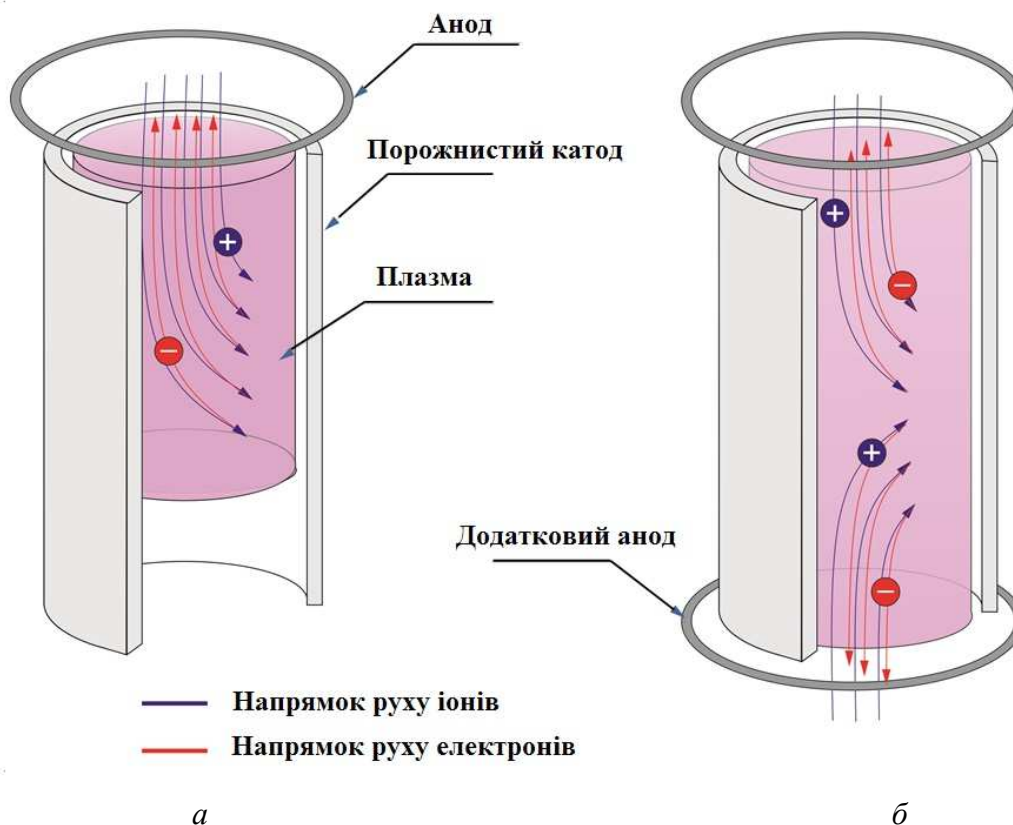


Рис. 5. Розподілення плазми в порожнистому катоді в системі з одним (а) та двома (б) анодами

Також з метою підсилення іонізації на периферії газорозрядної системи були проведені дослідження з визначення впливу зовнішнього прикладеного магнітного поля на поведінку заряджених часток у газорозрядному проміжку.

У цих досліджах катодна трубка розміщувалася всередині порожнини електромагніту, виконаного у вигляді мідної катушки з латунним осердям шириною 60 мм, що відповідає половині довжини катода. Живлення електромагніту забезпечували від джерела ВС-24 від якого на обмотки електромагніту подавався постійний струм величиною 2 та 4 А. Струм розряду підтримувався на рівні $I_p = 0,075$ А. При цьому напруга горіння розряду становила $U_p = 400$ В.

Передбачалося, що зовнішнє магнітне поле, прикладене до катода в площині повздовжній до дії розряду, можна використовувати як керуючий параметр для регулювання локального розподілу плазми всередині порожнини.

У процесі досліджень визначали вплив повздовжнього магнітного поля на концентрацію швидких γ -електронів усередині порожнини, впливом магнітного поля на рух іонів можна знехтувати, оскільки теплова швидкість іонів досить мала в порівнянні з електронною.

Результати експериментів наведені на рис. 6.

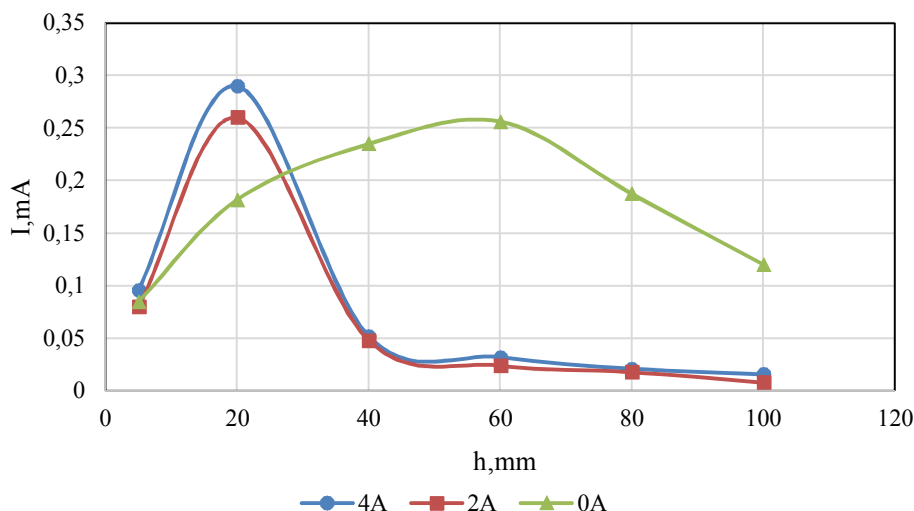


Рис. 6. Повздовжні залежності концентрації швидких електронів на зонд у розряді з порожнистим катодом у магнітному полі

Залежності, отримані під час експериментів, показують, що при прикладенні зовнішнього магнітного поля вид розподілу заряджених частинок різко трансформується з максимумом електронної концентрації біля ближчого до анода торця порожнини. Такий перерозподіл електронів по висоті катода пов'язаний із тим, що поява магнітного поля в газорозрядному проміжку призводить до відхилення кривизни руху емітованих катодом електронів у бік зменшення траєкторії, внаслідок чого електрони швидко покидають порожнину, майже не здійснюючи зіткнень. Це обумовлює різкий спад електронного струму і майже нульові його значення на периферії катода.

Для повного розуміння картини розрядних явищ, що відбуваються в зовнішньому магнітному полі, були проведені візуальні спостереження, які дозволили прояснити ситуацію і зробити такі висновки. Введення зовнішнього магнітного поля в газорозрядний проміжок призводить до зникнення ефекту порожнистого катода. Картина явищ, що спостерігалася, більш характерна для плоскопаралельного проміжку, коли плазма розряду перебуває в притиснутому до стінок катода стані, при цьому скорочується ефективна довжина темного катодного проміжку d_k , що бере участь в енергонасиченні електронів, а стінки катода поводяться як незалежні електроди (рис. 7).

Усе це призводить до зниження рівня іонізації й генерації заряджених частинок у газорозрядному проміжку загалом.

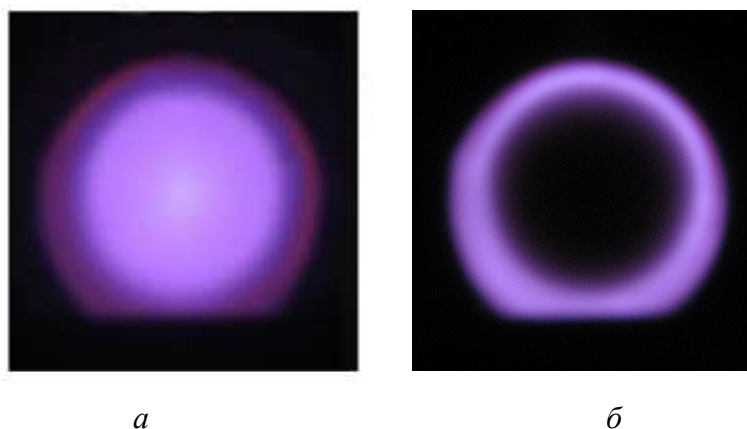


Рис. 7. Вплив зовнішнього магнітного поля на існування ефекту порожнистого катода: а – без магнітного поля – ефект спостерігається; б – в магнітному полі – ефект відсутній

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Отримані нами результати задовільно узгоджуються з результатами, наведеними в роботі [4], в якій показано, що в області досліджуваних тисків при накладанні зовнішнього магнітного поля на газорозрядний проміжок підтримання самостійної форми існування розряду неможливе внаслідок недостатньої іонізації викликаної відхиленням траєкторії руху електронів поперек магнітного поля.

Висновки відповідно до статті. Встановлено, що тліючий розряд, ініційований у порожнистому катоді, є ефективним джерелом очищення внутрішніх поверхонь довгих трубок малого діаметра.

Із використанням зондової методики встановлено, що в таких виробках розподіл концентрації заряджених часток, які беруть участь у процесі очищення поверхні катода, не є рівномірним із певним зсувом у бік до відкритого торця апертури, тобто до анода. Це великою мірою ускладнює процес очищення виробів, в яких $L \gg D$.

Показано, що ефективним способом досягнення рівномірності розподілення плазми всередині порожнини є введення додаткового анодного кільця з іншого відкритого торця катода.

Враховуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що очищення внутрішньої поверхні довгих труб малого діаметра (в яких $L = 10D$) тліючим розрядом із використанням ефекту порожнистого катода ускладнене певними факторами, здебільшого пов'язаними із досить високою неоднорідністю розподілу плазми всередині катодної порожнини.

Список використаних джерел

1. Лозован А. А., Франгулов С. В., Чулков Д. В., Родин А. И. Методы очистки внутренних поверхностей труб малого диаметра плазмой тлеющего разряда перед нанесением покрытий. *Сварочное производство*. 2009. № 1. С. 28–31.
2. Bolotov G. P., Bolotov M. G., Prybytko I. O., Kharchenko G. K. Diagnosis of plasma glow discharge energy parameters in the processes of treatment small diameter long tubes. *II International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF)*. Kharkiv, IEEE, 2016. P. 116–119.
3. Болотов Г. П., Болотов М. Г., Рижев Р. М. Активационна дія тліючого розряду в умовах дифузійного зварювання. *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. 2011. № 1. С. 18–21.
4. Болотов Г. П., Рижев Р. М., Болотов М. Г. Очистка тлеющим разрядом металлических поверхностей перед диффузионной сваркой и пайкой в вакууме. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування*. 2009. № 57 С. 12–127.
5. Рогов А. В., Лозован А. А. Применение сетчатого полого катода для очистки подложек перед вакуумным напылением. *РНЦ «Курчатовский институт», «МАТИ»-РГТУ им. К. Э. Циолковского*. 2008. № 5. С. 99–103.
6. Lozovan A. A., Frangulov S. V., Chulkov D. V., Rodin A. I. Methods for cleaning the inner surface of small-diameter pipes with glow discharge plasma prior to depositing coatings. *K. E. Tsiolkovskii Moscow Aviation Technology Institute (MATI) Published online*. 28 Jun 2010.
7. Шехтман С. Р., Будилов В. В., Киреев Р. М. Использование разряда с полым катодом для обработки поверхности конструкционных материалов. *Физика и химия обработки материалов*. 2001. № 2. С. 31–35.
8. Москалев Б. И. Разряд с полым катодом. Москва: Энергия. 1969. 183 с.
9. Болотов М. Г. Дослідження локальних властивостей плазми тліючого розряду з порожнистим катодом стосовно до умов зварювального нагріву. *Вісник ЧДТУ*. 2013. № 1. С. 112–119.
10. Козлов О. В. Электрический зонд в плазме. Москва: Атомиздат, 1969. 144 с.

References

1. Lozovan, A. A., Frangulov, S. V., Chulkov, D. V., Podin, A. I. (2009). Metody ochistki vnutrennix poverpхnostej trub malogo diametra plazmoj tleyushhego razryada pered naneseniem pokrytij [Methods for cleaning internal surfaces of small diameter pipes with glow discharge plasma before applying coatings]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding production*, 1, 28–31 [in Russian].

2. Bolotov, G. P., Bolotov, M. G., Prybytko, I. O., Kharchenko, G. K. (2016). Diagnosis of plasma glow discharge energy parameters in the processes of treatment small diameter long tubes. Proceeding from *II International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF)* (pp. 116–119). Kharkiv [in English].
3. Bolotov, G. P., Bolotov, M. G., Rizhov, R. M. (2011). Aktivaciina diia tliiuchoho rozryadu v umovah difuziinoho zvaryuvannia [Activating effect of the glow discharge in conditions of diffusion welding]. *Visnik Donbaskoi derzhavnoi mashinobudivnoi akademii – Bulletin of the Donbas State Machine-Building Academy*, 1, 18–21 [in Ukrainian].
4. Bolotov, G. P., Rizhov, R. M., Bolotov, M. G. (2009). Ochistka tleiushim razriadom metallicheskikh poverhnostei pered diffuzionnoi svarkoi i paikoi v vakuume [Cleaning by glow discharge of metal surfaces before diffusion welding and soldering in vacuum]. *Visnik NTUU «KPI». Seriiia mashinobuduvannia – Bulletin of the NTUU "KPI". Series of mechanical engineering*, 57, 12–127 [in Russian].
5. Rogov, A. V., Lozovan, A. A. (2008). Primenenie setochnogo pologo katoda dlya ochistki podlozhkek pered vakuumnym napyleniem. [The use of a grid hollow cathode for cleaning substrates before vacuum deposition]. *RNC «Kurchatovskij institut», «MATI»-RGTU im. K. E. Tsiolkovskogo – RRC «Kurchatov Institute», «MATI»-RSTU. K. E. Tsiolkovskiy*, 5, 99–103 [in Russian].
6. Lozovan, A. A., Frangulov, S. V., Chulkov, D. V., Rodin, A. I. (28 Jun 2010). Methods for cleaning the inner surface of small-diameter pipes with glow discharge plasma prior to depositing coatings. *K. E. Tsiolkovskii Moscow Aviation Technology Institute (MATI)*. Published online.
7. Shehtman, S. R., Budilov, V. V., Kireev, R. M. (2001). Ispolzovanie razriada s polym katodom dlia obrabotki poverhnosti konstruktsonnykh materialov [Using a hollow cathode discharge for surface treatment of structural materials]. *Fizika i khimiia obrabotki materialov – Physics and chemistry of materials processing*, 2, 31–35 [in Russian].
8. Moskalev, B. I. (1969). *Razriad s polym katodom [Hollow Cathode Discharge]*. Moscow: Energiia [in Russian].
9. Bolotov, M. G. (2013). Doslidzhennia lokalnykh vlastivostei plazmi tliiuchoho rozriadu z porozhnistym katodom stosovno do umov zvariuvannia nagrivu [Investigation of local properties of a plasma of glow discharge with a hollow cathode in relation to welding conditions]. *Visnik ChDTU – Bulletin of the ChTTU*, 1, 112–119 [in Ukrainian].
10. Kozlov, O. V. (1969). *Elektricheskii zond v plazme [Electric probe in plasma]*. Moscow: Atomizdat [in Russian].

UDC 621.791.01.6

Maksym Bolotov

INVESTIGATION OF GLOW DISCHARGE'S ENERGY PARAMETERS IN SMALL DIAMETER LONG TUBES

Urgency of the research. *Cleaning the interior surfaces of the pipes is a mandatory operation, preceding the application of the coating using the methods of vacuum spraying. Significant disadvantages of traditionally applied methods of chemical and electrochemical purification of such surfaces conditioned the widespread use of plasma technologies based on low-temperature plasma glow discharge.*

Target setting. *In particular, to date, the most common way to clean surfaces from various kinds of contaminants is ion spraying using a gas-discharge plasma of glow discharge. This cleaning method allows efficient removal of major types of contaminants such as fats, adsorbed water, gases, oxides, and allows processing surfaces of different configurations.*

Actual scientific researches and issues analysis. *It is shown that the application of the glow discharge in the processes of purification and coating on the inner surface of pipes with a diameter of 56 mm in length 120 mm with the application of transverse magnetic field is shown. However, there are a number of difficulties, mainly related to the low productivity of the process, since the cleaning of the inner surface of such pipes was carried out for 60 minutes.*

Identification of unexplored parts of the general problem. *It is possible to increase the processing efficiency by applying a glow discharge initiated in a hollow cathode. However, for today there are no data on the distribution of the concentration of charged particles inside the product, in which $L \gg d$.*

The purpose of the work. *The purpose of this work is a comparative analysis of stress-strain state (NDS) in the diffusion welding of compounds from heterogeneous materials, which occurs when heated in a normal glow discharge and glow discharge, initiated in a hollow cathode.*

The statement of basic materials. *Using the probe method, the energy characteristics of the plasma of the glow discharge initiated in the hollow cathode were studied in relation to the conditions for the cleaning of the interior surfaces of long pipes of small diameter. It is shown that with a pressure in a gas-discharge chamber of 53 Pa and a discharge current of 0.075 A, a sufficiently dense plasma with a concentration of charged particles at the level of $1.6 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ is formed in*

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

the investigated geometry of the cathode cavity, which is characterized by high heterogeneity in height of the cavity (40 ... 60 %). It is also shown that an effective mechanism of influence on the distribution of plasma in the middle of the cathode, in which $L \gg D$ is the change in the distance of the cathode anode, a decrease of which from 40 to 20 mm increases the uniformity to 15 ... 20 %, and the introduction of an additional anode ring in the discharge scheme - to 8 ... 10 %.

Conclusions. *It has been shown that the purification of the inner surface of long pipes of small diameter (in which $L = 10D$) by smoldering discharge using the effect of a hollow cathode is complicated by a number of factors, mainly due to the rather high heterogeneity of the distribution of the plasma inside the cathode cavity.*

Keywords: *plasma; glow discharge; contact hollow cathode; electric probe.*

Fig.: 7. References: 10.

Болотов Максим Геннадійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Bolotov Maksym – 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 Shevchenko Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: bolotovmg@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0915-4132>

ResearcherID: H-4183-2014

УДК 621.914.1

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-34-43

*Олена Следнікова, Володимир Винник, Василь Скляр, Ольга Аксьонова***МОДУЛЬНЕ ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЯТТЯ ПРИПУСКУ ТА ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ КУЛАЧКІВ ОРІЄНТОВАНИМ ІНСТРУМЕНТОМ**

Актуальність теми дослідження. Забезпечення високої точності кулачків розподільчих валів та текстильних машин при забезпеченні високої продуктивності обробки цих деталей є актуальним завданням у машинобудуванні, автомобілебудуванні та текстильній промисловості.

Постановка проблеми. Висока точність та якість оброблених криволінійних поверхонь кулачків забезпечить правильну роботу вузлів та дозволить збільшити ресурс їх експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі способи обробки криволінійних поверхонь кулачків розподільчих валів, але в цих способах подача по контуру нерівномірна, глибина різання різна, що знижує точність обробленої деталі та продуктивність обробки.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Дослідження процесу чорнового та чистового фрезерування криволінійних поверхонь кулачків розподільчих валів та текстильних машин орієнтованою фрезою за один установ, що забезпечує високі показники точності та продуктивності обробки.

Постановка завдання. Розробка нового способу чорнового та чистового фрезерування криволінійних поверхонь кулачків розподільчих валів та текстильних машин зі схрещеними осями фрези та деталі за один установ, що забезпечить підвищення точності, якості оброблених поверхонь та продуктивності обробки.

Виклад основного матеріалу. Представлений спосіб фрезерування криволінійних поверхонь кулачків розподільчих валів, де чорнова та чистова обробка ведеться фрезою, висота якої менша довжини кулачка. Фрезерування всіх кулачків розподільчого валу виконується за один установ інструментом зі схрещеними осями його та деталі. При обробці криволінійних поверхонь кулачків забезпечується стабілізація подачі по контуру та рівномірність зняття припуску. Це забезпечує підвищення точності та продуктивності обробки.

Висновки відповідно до статті. Запропонований спосіб фрезерування криволінійних поверхонь кулачків розподільчих валів та текстильних машин зі схрещеними осями фрези та деталі. Запропонована методика фрезерування криволінійних поверхонь на верстатах із ЧПК, де за один прохід відбувається чорнове та чистове фрезерування всіх кулачків.

Ключові слова: фрезерування кулачків; модульне тривимірне моделювання; орієнтований інструмент; розподільчий вал; кулачок текстильної машини; формоутворення.

Рис.: 10. Бібл.: 18.

Актуальність теми дослідження. Багато деталей, що виготовляють на машинобудівних, автомобілебудівних, суднобудівних та інших підприємствах, мають криволінійні робочі поверхні. Забезпечення високої точності та якості оброблених криволінійних поверхонь, а також продуктивності обробки деталей із різноманітними циліндричними поверхнями складного профілю при забезпеченні високої продуктивності є актуальним завданням.

Постановка проблеми. Фрезерування криволінійних поверхонь кулачків розподільчих валів та текстильних машин є продуктивним способом обробки. Для забезпечення високої точності та якості обробки циліндричних поверхонь складного профілю актуальним є розробка нових та вдосконалення існуючих способів фрезерування зі схрещеними осями інструмента та деталі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На підприємствах України [1] обробка криволінійних поверхонь кулачків здійснюється на верстатах із ЧПК. При обробці криволінійної поверхні кулачка розподільчий вал обертається, інструмент здійснює зворотно-поступальний рух у горизонтальній площині, забезпечуючи при цьому обкатку профілю.

Фірма Junker (Німеччина) [2; 3] виконує обробку кулачків розподільчих валів 1 на верстатах вузьким шліфувальним кругом 2, висота якого менша за довжину опорних шийок та кулачків (рис. 1). При обробці криволінійних поверхонь кулачків шліфувальний круг здійснює зворотно-поступальний рух у горизонтальній площині, що проходить через вісь обертання інструмента 2 та розподільчого вала 1. На рис. 2 зображені положення шліфувального круга 8, 9, 10, 11 при повороті кулачка 4, 5, 6, 7. При цьому глибина різання та подача по контуру змінюються за координатою обробки, що зменшує точність, якість обробленої поверхні та продуктивність обробки.

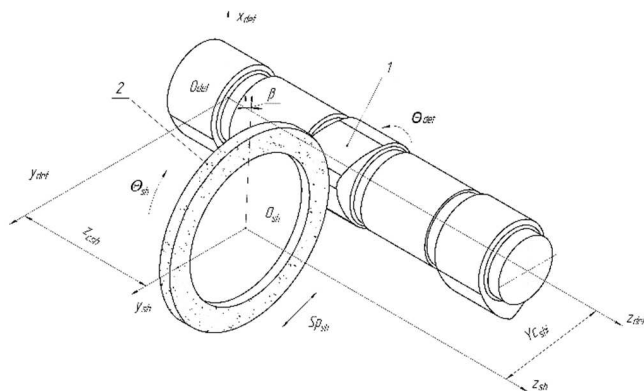


Рис. 1. Схема обробки розподільчого вала фірмою Junker

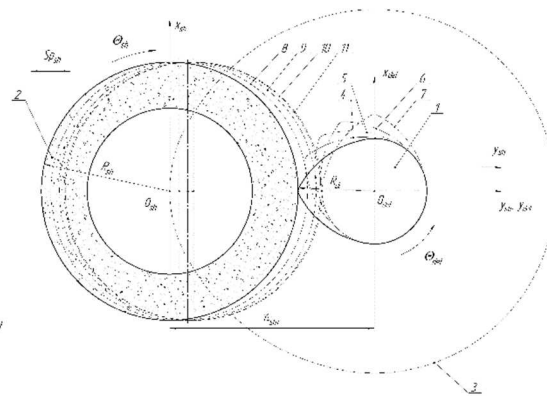


Рис. 2. Схема шліфування кулачка розподільчого вала фірмою Junker

Дослідження процесу шліфування колінчастих та розподільчих валів проведені в роботах [4; 5].

У роботі [6] розроблено спосіб обробки циліндричних поверхонь орієнтованою фрезою. У цьому способі чорнова та чистова обробка циліндричних поверхонь відбувається за один прохід фрези.

Висока стійкість фрез при чистовій обробці забезпечується завдяки оснащенню їх пластинками з надтвердого матеріалу на основі кубічного нітриду бору [7; 8].

Дослідження процесу чистового фрезерування кулачків розподільних валів та текстильних машин наведено в статті [9].

Роботи [10-14] присвячені дослідженню процесу обробки ступінчастих валів.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відсутність дослідження процесу чорнового та чистового фрезерування криволінійних поверхонь кулачків розподільчих валів та текстильних машин фрезою за один установ зі схрещеними осями інструмента та деталі. У відомих способах подача по контуру нерівномірна, припуск із глибини врізання більше величини припуску, що знімається, це знижує точність обробленої деталі та продуктивність обробки.

Мета статті. Метою роботи є розробка нового способу фрезерування криволінійних поверхонь кулачків, який забезпечить стабілізацію подачі по контуру та зняття припуску, підвищить точність оброблених поверхонь та продуктивність обробки. Створення модульних 3D-моделей інструментальної поверхні, процесів зняття припуску та формування при фрезеруванні криволінійних поверхонь кулачків.

Виклад основного матеріалу. Схема процесу фрезерування криволінійної поверхні кулачка розподільчого вала 1 повернутою на кут α_{frez} фрезою 2, представлена на рис. 3, а. Чорнове та чистове фрезерування криволінійних поверхонь усіх кулачків розподільчого вала відбувається за один установ. Переріз А-А зображено на рис. 3, б, де чорновий припуск зрізається торцевою поверхнею фрези та периферією зуба, а чистова обробка здійснюється периферією, вісь повороту інструмента знаходиться в точці А для забезпечення роботи всієї периферії.

При фрезеруванні криволінійної поверхні кулачка 1 (рис. 4, а, б) відбувається нерівномірне обертання розподільчого вала 2, фреза обертається та рухається в двох площинах, що забезпечує рівномірне зняття припуску та подачу по контуру. При обробці криволінійної поверхні кулачка, при обертанні розподільчого вала 1 на кут θ_{kcs} точка контакту 3 інструмента 2 з кулачком 1 переміщується за рахунок синхронних вертикального й поперечного рухів інструмента S_{frez} , вона завжди перебуває в горизонтальній площині, яка проходить через вісь обертання інструмента та центр кривизни кулачка. При обробці ділянки кулачка (положення l_0, l_1, l_2), центр якої збігається з центром роз-

подільного вала (рис. 4, а), фреза тільки обертається, поперечного та вертикального рухів немає. При обробці ділянок кулачка (положення 1₃, 1₄, 1₅), центри яких не збігаються з центром розподільного вала (рис. 4, б), фреза обертається та рухається в поперечному та вертикальному напрямках (положення 2₁, 2₂, 2₃).

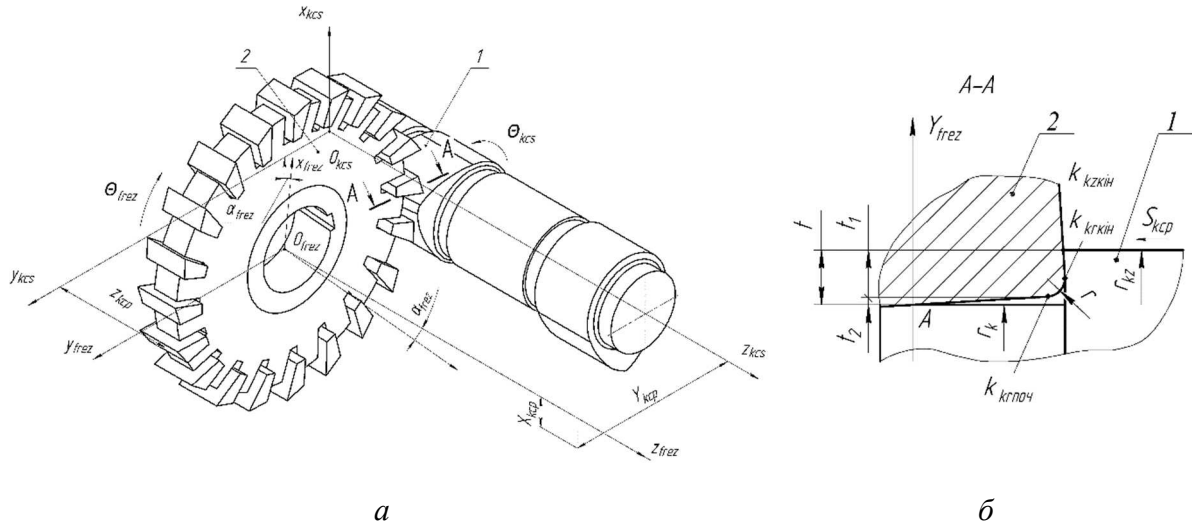


Рис. 3. Схема фрезерування кулачка розподільного вала зі схрещеними осями інструмента та деталі

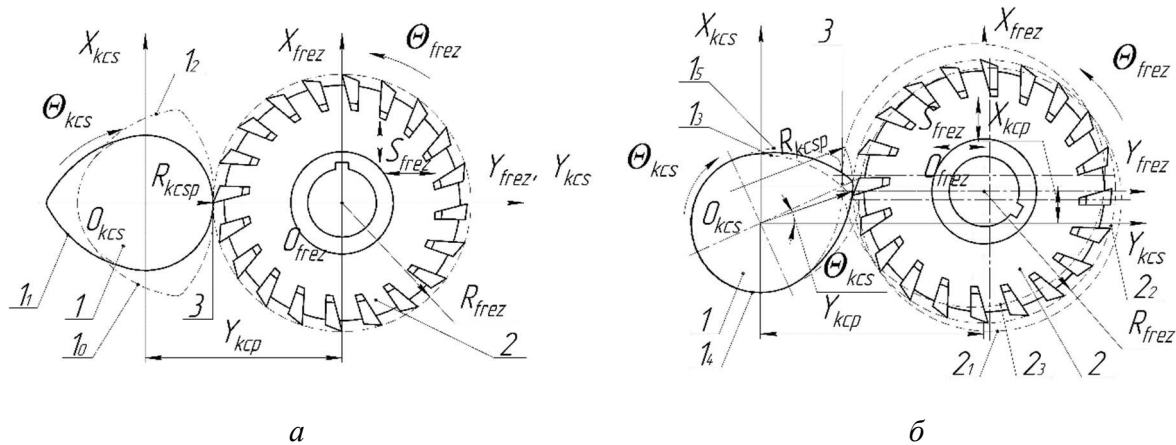


Рис. 4. Схема фрезерування криволінійної поверхні кулачка

Модульну тривимірну модель кулачка можна описати за допомогою інструментального модуля, перенесеного в систему координат деталі:

$$\bar{r}_{kcs} = MD_{kcs} \cdot \bar{r}_{fr} . \tag{1}$$

Циліндричний інструментальний модуль, що описує модульну тривимірну модель поверхні фрези:

$$\bar{r}_{fr} = C^{MI} Z_{frez}(k) \cdot \Theta_{frez} \cdot R_{frez}(k) \cdot \bar{e}_4 , \tag{2}$$

де \bar{r}_{fr} – радіус-вектор інструментальної поверхні; $C^{MI} Z_{frez}(k) \cdot \Theta_{frez} \cdot R_{frez}(k)$ – циліндричний інструментальний модуль формоутворення; \bar{e}_4 – радіус-вектор початку системи координат [15]; $Z_{frez}(k)$ – k-та координата інструментальної поверхні, Θ_{frez} – кут повороту фрези навколо осі $O_{frez}Z_{frez}$, $R_{frez}(k)$ – k-тий радіус інструментальної поверхні.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Модуль формоутворення фрези описується добутком однокоординатних матриць:

$$C^{MI} Z_{frez}(k) \cdot \Theta_{frez} \cdot R_{frez}(k) = M^3(Z_{frez}(k)) \cdot M^6(\Theta_{frez}) \cdot M^2(R_{frez}(k)), \quad (3)$$

де M^1, M^2, M^3 – однокоординатні матриці, які описують переміщення вздовж осей $O_{frez}X_{frez}, O_{frez}Y_{frez}, O_{frez}Z_{frez}$ відповідно; M^4, M^5, M^6 – однокоординатні матриці, які описують повороти навколо осей $O_{frez}X_{frez}, O_{frez}Y_{frez}, O_{frez}Z_{frez}$, відповідно [16].

Для описання номінальної поверхні оброблюваної деталі запишемо добуток модулів орієнтації та формоутворення:

$$MD_{kcs} = C^{MF} Z_{kcp}(\Theta_{D_{kcs}}) \cdot \Theta_{D_{kcs}} \cdot Y_{kcp}(\Theta_{D_{kcs}}) \cdot S^{MO} \alpha_{frez} \cdot X_{kcp}, \quad (4)$$

де α_{frez} – кут нахилу інструмента відносно осі $O_{frez}Y_{frez}$; X_{kcp}, Y_{kcp} – міжосьова відстань фрези і деталі в вертикальній та горизонтальній площині відповідно; $\Theta_{D_{kcs}}$ – кут повороту деталі; Z_{kcp} – подача, яка описує рух деталі вздовж осі $O_{kcs}Z_{kcs}$ відносно фрези.

Модуль орієнтації:

$$S^{MO} \alpha_{frez} \cdot X_{kcp} = M^5(\alpha_{frez}) \cdot M^1(X_{kcp}(\Theta_{D_{kcs}})). \quad (5)$$

Модуль формоутворення:

$$C^{MF} Z_{kcc}(\Theta_{D_{kcs}}) \cdot \Theta_{D_{kcs}} \cdot Y_{kcp}(\Theta_{D_{kcs}}) = M^3(Z_{kcc}(\Theta_{D_{kcs}})) \cdot M^6(\Theta_{D_{kcs}}) \cdot M^2(Y_{kcp}(\Theta_{D_{kcs}})). \quad (6)$$

Номінальну поверхню оброблюваної деталі знаходимо, підставляючи рівняння (2), (4) в (1):

$$\begin{aligned} \bar{r}_{kcs} = & MC^{MF} Z_{kcp}(\Theta_{D_{kcs}}) \cdot \Theta_{D_{kcs}} \cdot Y_{kcp}(\Theta_{D_{kcs}}) \cdot S^{MO} \alpha_{frez} \cdot X_{kcp} \times \\ & \times C^{MI} Z_{frez}(k) \cdot \Theta_{D_{kcs}} \cdot R_{frez}(k) \cdot \bar{e}4. \end{aligned} \quad (7)$$

При обробці криволінійної поверхні кулачка координати X_{kcp}, Y_{kcp} змінюються й залежать від кутової координати повороту кулачка. При обробці ділянки кулачка, центр якої збігається з віссю розподільчого вала Y_{kcp} не змінюється, а X_{kcp} дорівнює нулю.

Умова контакту профілів інструмента і деталі в різні моменти часу [17; 18] використовується для визначення профілю обробленої поверхні деталі:

$$\left(\frac{\partial \bar{r}_{kcs}}{\partial k} \times \frac{\partial \bar{r}_{kcs}}{\partial \Theta_{frez}} \right) \cdot \frac{\partial \bar{r}_{kcs}}{\partial \Theta_{D_{kcs}}} = 0, \quad (8)$$

де $\frac{\partial \bar{r}_{kcs}}{\partial k} \times \frac{\partial \bar{r}_{kcs}}{\partial \Theta_{frez}} = \bar{n}$ – вектор нормалі; $\frac{\partial \bar{r}_{kcs}}{\partial \Theta_{D_{kcs}}} = \bar{v}$ – вектор швидкості руху інстру-

мента відносно деталі.

Плями контакту розподільчого вала з фрезою 4 при обробці кулачка 5 зображені на рис. 5 та 6, вони обмежені лініями перетину 1, 2, 3 (1 – лінія перетину зовнішнього циліндра заготовки та інструмента, 2 – контакту, 3 – перетині фрези і торця кулачка) орієнтованого інструмента і торця заготовки.

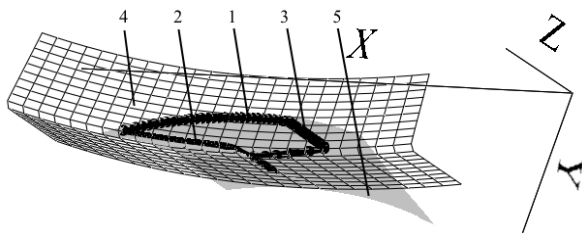


Рис. 5. Пляма контакту фрези й кулачка розподільчого вала при обробці ділянки кулачка, центр якої збігається з центром кулачка

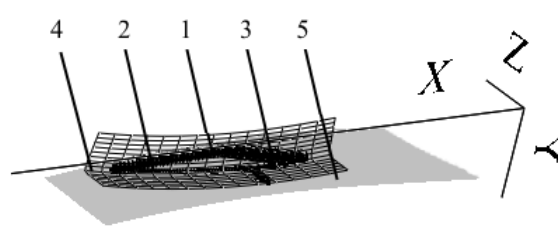


Рис. 6. Пляма контакту фрези й кулачка розподільчого вала при обробці ділянки кулачка найбільшого радіуса

3D-модель криволінійної поверхні кулачка розподільчого вала (рис. 7, а) утворена рухом лінії контакту по еквідистанті (рис. 7, б) до поверхні кулачка.

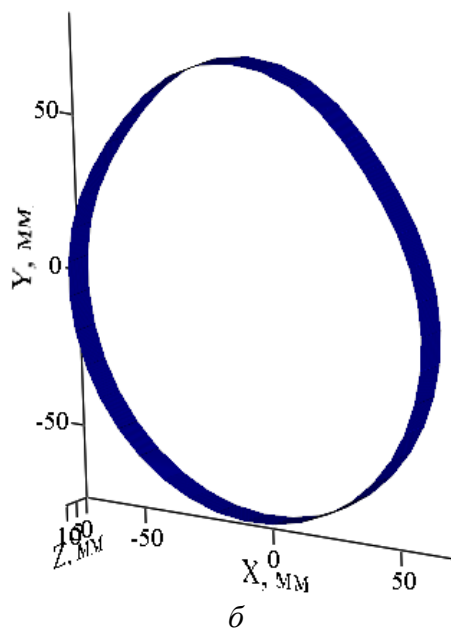
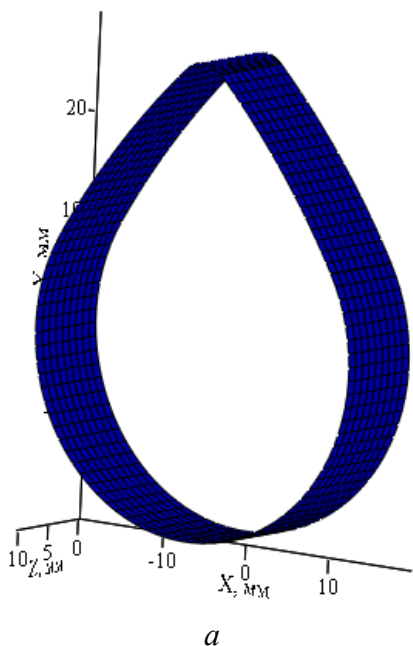


Рис. 7. 3D-модель поверхні кулачка (а) розподільчого вала та еквідистанти до його поверхні (б)

Отримані графіки залежності величини геометричної шорсткості Ra від кута орієнтації фрези α_{frez} при подачах деталі (рис. 8): $s_{kes}=1$ мм/об (крива 1) та $s_{kes}=0,5$ мм/об (крива 2) при фрезеруванні ділянки кулачка, центр якої збігається з центром кулачка (рис. 8, а) та при обробці ділянки кулачка найбільшого радіуса (рис. 8, б).

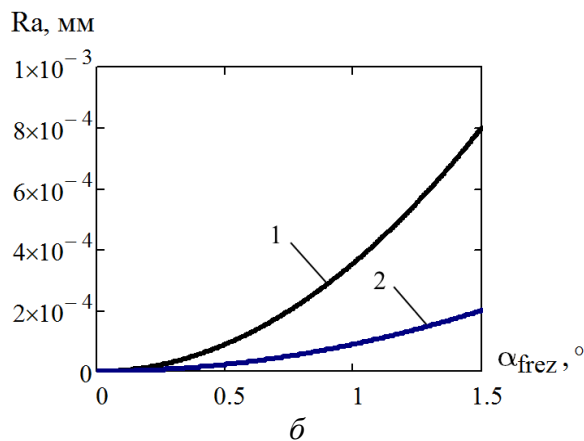
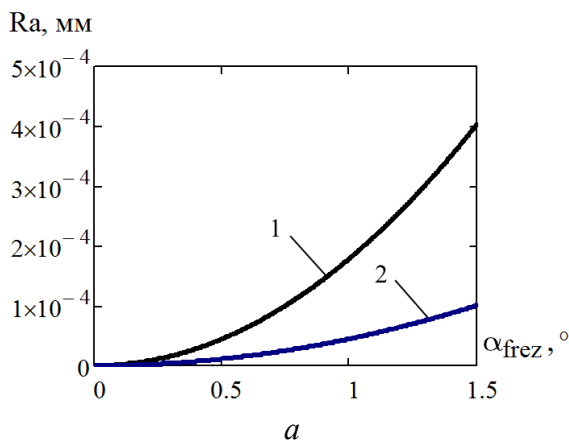


Рис. 8. Залежність геометричної шорсткості Ra від кута орієнтації фрези α_{frez}

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

За методикою, наведеною в роботі [6], отримані графіки залежності величини відхилення від круглості δ від частоти обертання інструменту ω_{frez} (рис. 9, а, б) та діаметра інструмента D_{frez} (рис. 10, а, б) при фрезеруванні ділянки кулачка, центр якої збігається з центром кулачка (рис. 9, а, 10, а) та при обробці ділянки кулачка найбільшого радіуса (рис. 9, б, 10, б).

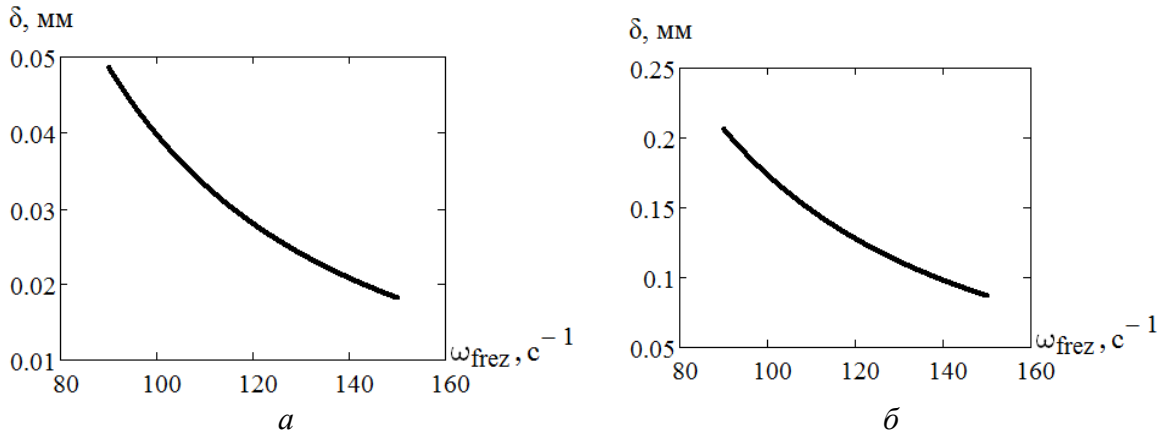


Рис. 9. Залежність відхилення від круглості δ ділянки кулачка від частоти обертання ω_{frez}

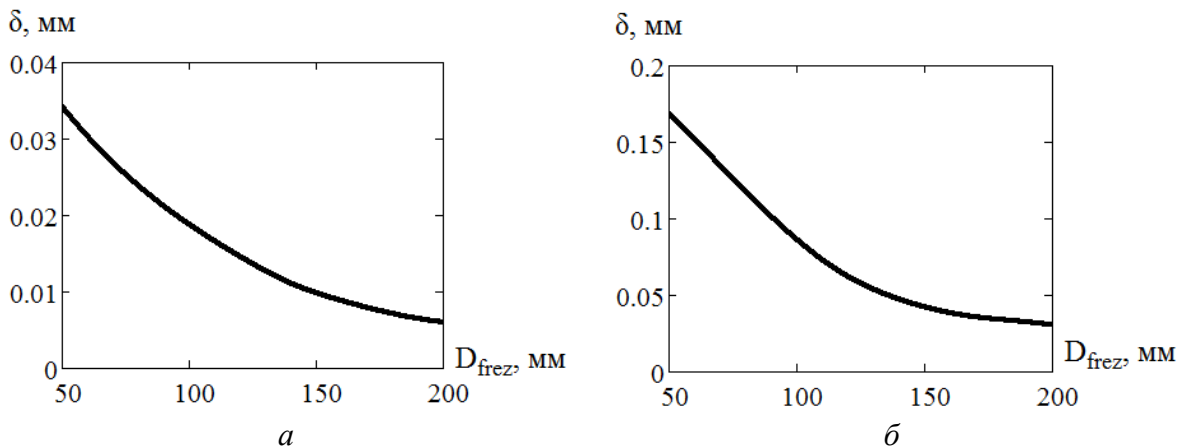


Рис. 10. Залежність відхилення від круглості δ ділянки кулачка від діаметра фрези D_{frez}

Висновки відповідно до статті. Розроблено новий спосіб фрезерування криволінійних поверхонь кулачків розподільчих валів та текстильних машин. У цьому способі чорнова та чистова обробка відбувається за один установ фрезою, при цьому чорновий припуск зрізається торцевою поверхнею фрези та периферією зуба, а чистова обробка здійснюється периферією. Деталь обертається нерівномірно, фреза рухається вертикально та поперечно для забезпечення дотику інструмента до деталі по нормалі, дотична до поверхонь завжди вертикальна, що забезпечує стабілізацію глибини різання та подачі по контуру. Це підвищує точність та якість обробленої деталі. Запропонована в роботі методика обробки криволінійних поверхонь кулачків розподільчих валів на верстатах із ЧПК враховує тільки форму деталі, виключає вплив радіуса фрези та її знос на точність формоутворення оброблюваної циліндричної поверхні складного профілю. Ця методика може використовуватися при обробці колінчастих валів і інших деталей із криволінійним профілем при обробці орієнтованим інструментом.

Список використаних джерел

1. Шлифовальные станки завод «Харверст». Харьковский станкостроительный завод «Харверст». Харьков, 20 с. URL: www.harverst.com.ua.
2. Шлифование распределительных валов кругами из кубического нитрида бора. *Проспект фирмы «Junker maschinen» на станки «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6000»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany. 2006. 8 с.
3. CBN crankshaft grinding. *Prospect firm «Junker maschinen» on machines «JUCRANK 1000», «JUCRANK 3000», «JUCRANK 5000», «JUCRANK 6S/L/XL»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany. 2012. 12 p.
4. Кальченко В. І., Кальченко Д. В. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при шліфуванні зі схрещеними осями колінчастого вала і круга. *Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научн.-техн. сб. Харьков, 2014. Вып. 84. С. 107–114.*
5. Кальченко В. І., Кальченко Д. В., Следнікова О. С. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при шліфуванні зі схрещеними осями розподільчого вала і круг. *Резание и инструмент в технологических системах. Харьков, 2015. Вып. 85. С. 98–106.*
6. Кальченко В. В., Сіра Н. М., Кальченко Д. В., Аксьонова О. О. Дослідження процесу фрезерування циліндричних поверхонь зі схрещеними осями інструмента та вала. *Технічні науки та технології: науковий журнал. 2018. № 4 (14). С. 18–27.*
7. Клименко С. А., Петруша И. А., Копейкина М. Ю., Мельничук Ю. А., Муковоз В. С. Разработка ПСТМ на основе КНБ для оснащения высокоэффективных режущих инструментов. *Резание и инструмент в технологических системах – Cutting & tool in technological system: междунар. науч.-техн. сб. Харьков, 2011. Вып. 79. С. 93–101.*
8. Клименко С. А., Копейкина М. Ю., Клименко С. А., Манохин А. С. Концепция повышения работоспособности режущих инструментов из поликристаллических композитов на основе кубического нитрида бора. *Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. 2016. Вип. 2(13). С. 108–114.*
9. Следнікова О. С., Винник В. О., Скляр В. М., Аксьонова О. О. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при фрезеруванні кулачків зі схрещеними осями інструмента та деталі. *Технічні науки та технології: науковий журнал. 2019. № 1 (15). С. 53–62.*
10. Кальченко В. І., Кальченко В. В., Сіра Н. М. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесів зняття припуску та формоутворення при шліфуванні зі схрещеними осями циліндричного та ступінчастого вала і ельборового круга. *Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. Харьков, 2016. Вып. 86. С. 36–48.*
11. Кальченко В. І., Кальченко Д. В. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при шліфуванні зі схрещеними осями ступінчастого вала і круга. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». 2013. № 3 (67). С. 68–77.*
12. Кальченко В. И., Погиба Н. Н., Кальченко Д. В. Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным эльборовым кругом. *Сверхтвердые материалы: научно-теоретический журнал. 2012. № 2(196). С. 58-73.*
13. Kalchenko V., Yeroshenko A., Boyko S., Sira N. Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece. *Acta Mechanica et Automatica. 2017. Vol. 11. No. 1 (39). P. 58-63. DOI: 10.1515/ama-2017-0009.*
14. Кальченко В. І., Кологойда А. В., Кужельний Я. В., Морочко В. В. Однопрохідне доводочне шліфування зі схрещеними осями круга та циліндричної деталі. *Технічні науки та технології. 2018. № 4 (14). С. 9–17.*
15. Грабченко А. И., Кальченко В. И., Кальченко В. В. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали: монография. Чернигов: ЧДТУ, 2009. 256 с.
16. Решетов Д. Н., Портман В. Т. Точность металлорежущих станков. Москва: Машиностроение, 1996. 336 с.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

17. Родин П. Р. Основы формообразования поверхностей резанием. Киев: Вища школа, 1977. 192 с.

18. Кальченко В. И., Погиба Н. Н., Кальченко Д. В. Повышение производительности и точности шлифования со скрещивающимися осями эльборового круга и ступенчатого валика. *Резание и инструмент в технологических системах*: Межд. научн.- техн. сб. Харьков, 2011. Вып. 80. С. 131–140.

References

1. Shlifovalnye stanki zavod «Kharverst» [Grinding machines Plant Harverst]. Kharkiv. Retrieved from www.harverst.com.ua.

2. Shlifovanie raspredelitelnykh valov krugami iz kubicheskogo nitrída bora [Grinding camshafts with cubic boron nitride circles] (2006). *Prospekt firmy «Junker maschinen» na stanki «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6000» – Prospectus of the company «Junker maschinen» on machine tools «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6000»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrach. Germany [in Russian].

3. CBN crankshaft grinding (2012). Prospect firm «Junker maschinen» on machines «JUCRANK 1000», «JUCRANK 3000», «JUCRANK 5000», «JUCRANK 6S/L/XL». Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrach. Germany [in German].

4. Kalchenko, V. I., Kalchenko, D. V. (2014). Modular 3D modeling of tools, process of pulling down and shaping when grinding with crossed axles of crankshaft and a circle [Modular 3D modeling of tools, process of pulling down and shaping when grinding with crossed axles of crankshaft and a circle]. *Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh – Cutting & tool in technological system*, 84, 107–114 [in Ukrainian].

5. Kalchenko, V. I., Kalchenko, D. V., Sliednikova, O. S (2015). Modulne 3D-modeliuvannia instrumentiv, protsesu zniattia pryusku ta formoutvorennia pry shlifuvanni zi skhreshchenymy osiamy rozpodilchoho vala i kruha [Modular 3D-modeling tools, process and removal allowance forming in grinding with crossed axes and circular distribution shaft]. *Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh – Cutting & tool in technological system*, 85, 98–106 [in Ukrainian].

6. Kalchenko, V. V., Sira N. M. & Kalchenko, D. V. (2018). Doslidzhennia protsesu frezeruvannia tsylindrychnykh poverkhon zi skhreshchenymy osiamy instrumenta ta vala [Investigation of the milling cylindrical surfaces process with tool and shaft crossed axes] *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 4 (14), 18–17 [in Ukrainian].

7. Klimenko, S. A. (2011). Razrabotka PSTM na osnove KNB dlya osnascheniya vyisokoeffektivnykh; rezhushchih instrumentov [Development of PSTM based on CBN for equipping high-performance cutting tools]. *Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh – Cutting and tool in technological systems*, 79, 93–101 [in Russian].

8. Klimenko, S. A., Kopeikina, M. Iu., Klimenko, S. A., Manokhin, A. S. (2016). Kontseptsiya povysheniya rabotosposobnosti rezhushchih instrumentov iz polikristallicheskih kompozitov na osnove kubicheskogo nitrída bora [The concept of improving the performance of cutting tools from polycrystalline composites based on cubic boron nitride]. *Informatsiyni tehnologii v osviti, nauksi ta virobnitstvi – Information technology in education, science and production*, 2 (13), 108–114 [in Russian].

9. Sliednikova, O. S, Vynnyk, V. O. & Sklyar V. M. (2019). Modulne 3D-modeliuvannia instrumentiv, protsesu zniattia pryusku ta formoutvorennia pry frezeruvanni kulachkiv zi skhreshchenymy osiamy instrumenta ta detali [Modular 3D modeling of tools, process of adaptation removal and forming at milling the cams with crossing tools and details] *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 1 (15), 53–62 [in Ukrainian].

10. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V. & Sira N. M. (2016). Modulne 3D-modeliuvannia instrumentiv, procesiv zniattia pryusku ta formoutvorennia pry shlifuvanni zi shreshchenymy osiamy tsylindrychnoho ta stupinchastoho vala i elborovoho kruha [Modular 3D-modeling tools, processes of removal allowance and shaping in grinding with crossed axes stepped cylindrical shaft and CBN wheel]. *Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh – Cutting and tool in technological systems*, 86, 36–48 [in Ukrainian].

11. Kalchenko, V. I., Kalchenko, D. V. (2013). Modulne 3D-modeliuvannia instrumentiv, protsesu zniattia pryusku ta formoutvorennia pry shlifuvanni zi skhreshchenymy osiamy stupinchastoho vala i kruha [Modular 3D modeling of tools, process of pull-down and shaping when grinding with crossed

axes of a step shaft and a circle]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriya «Tekhnichni nauky» – Visnyk of Chernihiv State Technological University. Series «Technical sciences»*, 3 (67), 68–77 [in Ukrainian].

12. Kalchenko, V. I., Pogiba, N. N. & Kalchenko, D. V. (2012). Opredelenie sostavliayushchikh sil rezaniya pri glubinnom shlifovanii poverkhnostei vrashcheniya orientirovannym el'borovym krugom [Determining cutting forces components in deep grinding of revolution surfaces oriented el'bor wheel]. *Sverkhverdnye materialy – Journal of Superhard Materials*, 2 (196), 58–73 [in Russian].

13. Kalchenko, V. V., Yeroshenko, A. M. & Boyko, S. V. (2017). Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece. *Acta Mechanica et Automatica*, 11 (1 (39)), 58-63 [in English].

14. Kalchenko, V. I., Kolohoida, A. V., Kuzhelnyi, Ya. V. & Morochko V. V. (2018). Od-noprokhidne dovodochne shlifuvannia zi skhreshchenymy osiamy kruha ta tsylindrychnoi detali [Singlepass finishing grinding with crossed axes tool and cylindrical part]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 4 (14), 9–17 [in Ukrainian].

15. Grabchenko, A. I., Kalchenko, V. I. & Kalchenko, V. V. (2009). *Shlifovanie so skreshhivayushhimisya osyami instrumenta i detail [Grinding with crossed axes of tool and workpiece]*. Chernigov: ChDTU [in Russian].

16. Reshetov, D. N. & Portman, V. T. (1996). *Tochnost metallorzhushchikh stankov [Precision of machine tools]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].

17. Rodin, P. R. (1977). *Osnovy formoobrazovaniya poverkhnostej rezaniem [Fundamentals of forming surfaces with cutting]*. Kiev: Vyshha shkola [in Russian].

18. Kalchenko, V. I., Pogiba, N. N. & Kalchenko, D. V. (2011). Povyshenie proizvoditelnosti i tochnosti shlifovaniia so skreshchivaiushhimisia osiami elborovogo kruga i stupenchatogo valika [Increased productivity and precision of grinding with crossed axes CBN wheel and stepped shaft]. *Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh – Cutting and tool in technological systems*, 80, 131–140 [in Ukrainian].

UDC 621.914.1

Olena Sliednikova, Volodymyr Vynnyk, Vasyl Sklyar, Olga Aksonova

MODULAR THREE-DIMENSIONAL MODELING OF THE PROCESS OF REMOVAL OF ADAPTATION AND FORMATION FORMING THE CAMS WITH AN ORIENTED TOOL

Urgency of the research. *Providing high precision cam camshafts and textile machinery while ensuring high processing performance of these parts is an urgent task in the engineering, automotive and textile industries.*

Target setting. *The high accuracy and quality of machined curved surfaces of the cams will ensure the correct operation of the nodes and will increase their service life.*

Actual scientific researches and issues analysis. *Known methods of processing the curved surfaces of the cams of the camshafts, but in these methods, the flow along the contour is uneven, the depth of cut is different, which reduces the accuracy of the machined part and the processing performance.*

Uninvestigated parts of general matters defining. *The study of the process of rough and fair milling of the curved surfaces of the cams of the camshafts and textile machines oriented mill for one installation, which will provide high rates of accuracy and productivity of processing.*

The research objective. *The development of a new method of rough and fair milling of the curved surfaces of the cams of the camshafts and textile machines with crossed cutter axes and parts in one fastening will provide an increase in the accuracy and quality of the processed surfaces and processing performance.*

The statement of basic materials. *The presented method of milling the curvilinear surfaces of the cams of the camshafts, where the roughing and finishing work is carried out by a cutter whose height is less than the length of the cam. Milling of all cams of a camshaft is carried out in one fixing with a tool with crossed axes and parts. When machining the cam-shaped cam surfaces, stabilization of the contour feed and removal of the seam allowance is ensured. That provides increased accuracy and processing performance.*

Conclusions. *The proposed method of milling the curved surfaces of the cams of the camshafts and textile machines with crossed axes of the cutter and parts. The proposed method of milling curvilinear surfaces on CNC machines, where in one pass, roughing and finishing milling of all cams takes place.*

Keywords: *cam milling; modular three-dimensional modeling; oriented tool; camshaft; cam textile machine; shaping.*

Fig.: 10. **References:** 18.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Следнікова Олена Сергіївна – доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).
Slidnikova Olena – PhD in Technical Sciences, associated professor of road transport industry and mechanical engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: slidnikova@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5444-1747>

ResearcherID: N-4430-2015

Винник Володимир Олександрович – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Vynnyk Volodymyr – PhD student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vowavynnyk7@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4179-5765>

ResearcherID: F-8938-2016

Скляр Василь Михайлович – асистент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Sklyar Vasyl – assistant, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: uslhj@meta.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0563-6887>

ResearcherID: J-1138-2016

Аксьонова Ольга Олегівна – асистент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Aksonova Olga – assistant, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: itmia@ukr.net

УДК 621.923.42

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-44-53

Наталія Сіра, Антоніна Кологойда, Олександр Литвин, Дмитро Кальченко

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ЧИСТОВОМУ ШЛІФУВАННІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ТА ГОЛЧАСТОЇ ПОВЕРХОНЬ ВАЛИКА ТЕКСТИЛЬНОЇ МАШИНИ

Актуальність теми дослідження. У процесі виготовлення тканин у текстильному виробництві використовують різноманітні агрегати, такі як чесальні, ворсувальні та інші. Їхньою робочою частиною є барабани та валики, обтягнуті кардною гарнітурою. До якості робочої поверхні кардної гарнітури висувають високі вимоги, оскільки виникнення похибки твірної барабана чи валика текстильного агрегату спричиняє утворення нерівномірного зазору між робочими елементами і відповідно випуск неякісного продукту. А незадовільний стан робочої поверхні голок викликає розрив матеріалу, що також збільшує відсоток браку.

Постановка проблеми. Враховуючи великі габарити барабанів та валиків текстильних машин, а також незначну жорсткість гарнітури, значний вплив на точність обробки мають динамічні фактори.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досліджено різноманітні аспекти теорії коливання жорстких конструкцій, що дозволяє використовувати аналітичний підхід до багатьох практичних випадків. Розглянуто основні питання динаміки металорізальних верстатів: еквівалентні та пружні системи, робочі процеси, стійкість динамічної системи, стаціонарні та перехідні процеси. Наведені дані про замкнену динамічну систему верстата, показники динамічної якості. Запропоновано способи чистового шліфування гладкої циліндричної та заточування голчастої поверхні барабанів та валиків текстильних машин.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Однак не проведено дослідження динамічних характеристик у процесі чистового шліфування циліндричної та голчастої поверхні барабанів та валиків текстильних машин.

Постановка завдання. Дослідження динамічних характеристик процесу шліфування циліндричної і голчастої поверхні барабанів і валиків текстильних машин та визначення динамічних властивостей елементів системи обробки.

Виклад основного матеріалу. Визначено величину початкового відхилення голок у результаті їх удару о поверхню шліфувального круга в момент входження в зону обробки. Побудовано просторову модель голки та проведено її частотний аналіз у системі Solidworks. Оскільки обробку текстильних валиків пропонується проводити на заточному верстаті ВЗ-208ФЗ, також було проведено модальний аналіз його шпиндельного вузла. Та шляхом експериментального дослідження побудовано амплітудно-фазову-частотну характеристику.

Висновки відповідно до статті. Шляхом комп'ютерного просторового моделювання визначено перші п'ять власних частот коливання, а також відповідні їм форми коливань для голок кардної гарнітури та для шпиндельного вузла верстата ВЗ-208ФЗ. Експериментальним шляхом побудовано амплітудно-фазову-частотну характеристику шпинделя.

Ключові слова: текстильні машини; шліфування; динаміка; власні коливання; амплітудно-фазова-частотна характеристика.

Рис.: 12. Бібл.: 9.

Постановка проблеми. У процесі виготовлення тканин у текстильному виробництві використовують різноманітні агрегати, такі як чесальні, ворсувальні та інші. Їх робочою частиною є барабани та валики, обтягнуті кардною гарнітурою. Тип гарнітури вибирається залежно від стадії обробки, завдань та характеристик матеріалу, який обробляється. До якості робочої поверхні кардної гарнітури висувають високі вимоги, оскільки виникнення похибки твірної барабана чи валика текстильного агрегату спричиняє утворення нерівномірного зазору між робочими елементами і відповідно випуск неякісного продукту. А незадовільний стан робочої поверхні голок викликає розрив матеріалу, що також збільшує відсоток браку. З метою забезпечення необхідних параметрів точності та якості кардної гарнітури, здійснюють високоякісну обробку базової циліндричної поверхні та в декілька етапів обробки забезпечують необхідну рівність та гостроту голчастої поверхні. Враховуючи великі габарити барабанів та валиків текстильних машин, а також незначну жорсткість гарнітури, значний вплив на точність обробки мають динамічні фактори. Отже, вивчення динамічних характеристик процесу шліфування циліндричної та голчастої поверхні барабанів та валиків текстильних машин є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1; 2] досліджено різноманітні аспекти теорії коливання жорстких конструкцій, що дозволяє використовувати аналітичний підхід до багатьох практичних випадків. Розглянуті лінійні системи з однією, двома та більше ступенями свободи.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Розглянуто [3; 4] основні питання динаміки металорізальних верстатів: еквівалентні та пружні системи, робочі процеси, стійкість динамічної системи, стаціонарні та перехідні процеси. Наведені дані про замкнену динамічну систему верстата, показники динамічної якості. А також про поведінку динамічної системи при різноманітних зовнішніх навантаженнях з погляду точності обробки деталі, якості її поверхні, продуктивності обробки й навантажень на пружну систему та привод. Розглянута методика динамічного розрахунку верстатів та методики їх випробування.

У роботі [5] розглянуто методи і засоби контролю динамічних параметрів роботи чеських машин, а також схеми балансування барабанів та валиків текстильних агрегатів.

Запропоновано способи [6; 7] чистового шліфування гладкої циліндричної та заточування голчастої поверхонь барабанів та валиків текстильних машин для забезпечення необхідних параметрів точності та продуктивності процесу.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Однак не проведено дослідження динамічних характеристик у процесі чистового шліфування циліндричної та голчастої поверхонь барабанів та валиків текстильних машини.

Мета статті. Головною метою роботи є дослідження динамічних характеристик процесу шліфування циліндричної та голчастої поверхонь барабанів та валиків текстильних машин, та визначення динамічних властивостей елементів системи обробки.

Виклад основного матеріалу. Шліфування голчастої гарнітури текстильного обладнання здійснюють після намотування кардної стрічки на барабан, а також через певний проміжок роботи обладнання для надання голкам необхідної гостроти. Спочатку виконується чорнове шліфування з метою вирівнювання висоти голок вздовж твірної барабана або валика. Після чого необхідна гострота голкам надається шляхом виходжування, часто вручну.

Обробку здійснюють за пружною схемою (рис. 1). Шліфувальний круг підводять до текстильного валика до моменту появи іскріння, після чого задається глибина врізання і відбувається зняття чорнового припуску за декілька проходів.

Особливістю процесу шліфування голчастої гарнітури є мала жорсткість деталі. Тому значний вплив на якість обробки мають динамічні характеристики всіх елементів системи.

Головним робочим елементом є голки, у процесі шліфування під час їх входження в зону обробки вони ударяються о поверхню шліфувального круга, у результаті чого відхиляються від свого початкового положення. Величину відхилення голки можна визначити, використовуючи закон збереження енергії, вважаючи, що при ударі двох тіл, круга та голки, зменшення кінетичної енергії тіл дорівнює збільшенню потенційної енергії деформації

$$A_u + T_u + T_2 = U_2, \quad (1)$$

де A_u – робота шліфувального круга, яка витрачається на переміщення голки; T_u – кінетична енергія круга; T_2 – кінетична енергія голки; U_2 – потенційна енергія голки.

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot \delta^2 \cdot C, \quad (2)$$

де $C = \frac{3 \cdot E \cdot I}{l}$ – жорсткість голки; δ – переміщення кінчика голки під час удару.

$$A_u = m_u \cdot W_u \cdot \delta, \quad (3)$$

$$T_u = \frac{I \cdot \omega_u^2}{2} = \frac{m_u \cdot R_u^2 \cdot \omega_u^2}{2}, \quad (4)$$

$$T_z = \frac{m_z \cdot V_z^2}{2}, \quad (5)$$

де m_u , m_z – маси круга й голки відповідно; $W_u = \omega_u^2 \cdot R_u$ – прискорення на периферії шліфувального круга; $\omega_u = \frac{V_u}{R_u}$ – кутова швидкість руху круга; V_u – швидкість руху точок периферії шліфувального круга; R_u – радіус шліфувального круга; V_z – швидкість руху голки.

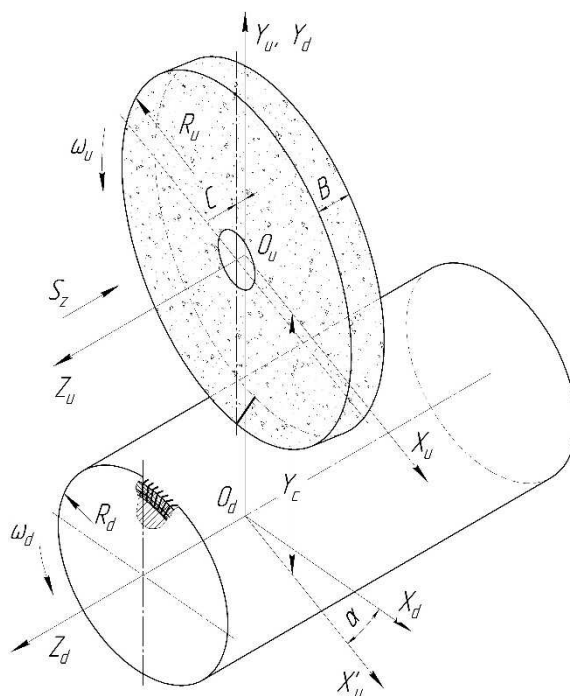


Рис. 1. Схема шліфування текстильного валика

Підставивши рівняння (2), (3), (4) та (5) у вираз (1) отримаємо

$$m_u \cdot \omega_u^2 \cdot R_u \cdot \delta + \frac{m_u \cdot R_u^2 \cdot \omega_u^2}{2} + \frac{m_z \cdot V_z^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \delta^2 \cdot C. \quad (6)$$

Розв'язавши рівність (6) відносно δ отримаємо величину зміщення голки в результат удару об поверхню шліфувального круга

$$\delta = \frac{m_u \cdot \omega_u^2 \cdot R_u + \sqrt{(m_u \cdot \omega_u^2 \cdot R_u)^2 + C \cdot (m_u \cdot \omega_u^2 \cdot R_u + m_z \cdot V_z^2)}}{C}. \quad (7)$$

У результаті силового впливу інструмента на голку вона починає здійснювати коливання з певною частотою та амплітудою. Як відомо [1], частота та амплітуда коливання голки в кожній її точці є результатом суперпозиції власних коливань. Для визначення власних частот та форм коливань, що їм відповідають, скористаємося засобами комп'ютерного моделювання в системі SolidWorks [8].

Для цього необхідно створити просторову модель голки (рис. 2, а, б), з визначенням її геометрії та властивостей матеріалу. Сітка скінченних елементів може генеруватись системою автоматично, у цьому випадку пропонується використовувати стандартну

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

сітку на твердому тілі, що задовольняє нашим вимогам щодо точності розрахунку. При цьому голка розбивається на 5817 елементів, які містять 10206 вузлів, розмір елемента становить 0,0926 мм (рис. 2, в).

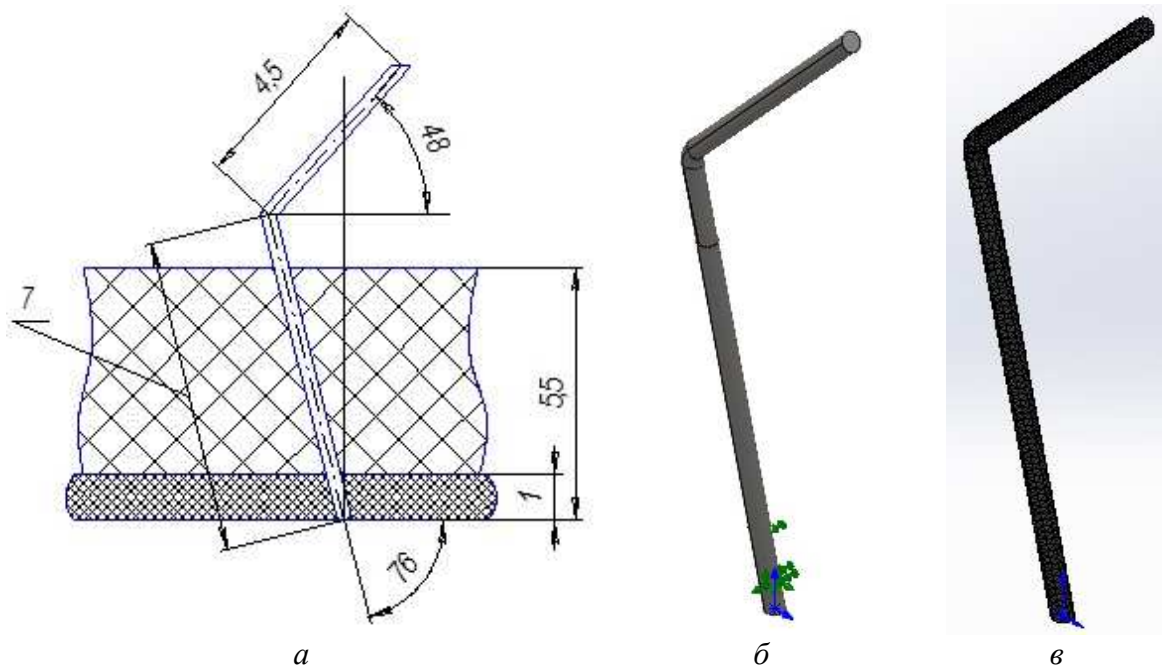


Рис. 2. Креслення (а), просторова модель (б) та сітка скінчених елементів голки (в)

У результаті комп'ютерного моделювання визначено, що перші п'ять власних частот для голки із заданими розмірами становлять: $f_1 = 6360,1 \text{ Гц}$, $f_2 = 6496,1 \text{ Гц}$, $f_3 = 36177 \text{ Гц}$, $f_4 = 39087 \text{ Гц}$ та $f_5 = 73873 \text{ Гц}$, відповідні їм форми коливань наведені на рис. 3, 4.

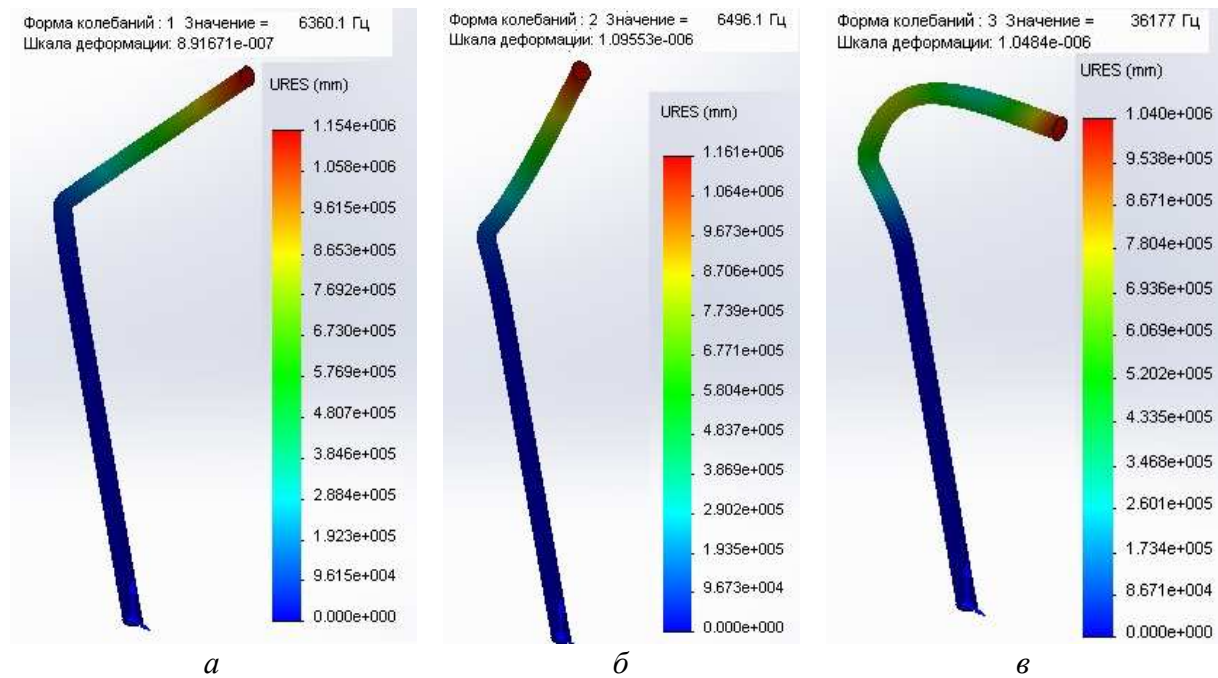


Рис. 3. Власні частоти та форми коливань голок:
а – 1-а; б – 2-а; в – 3-я

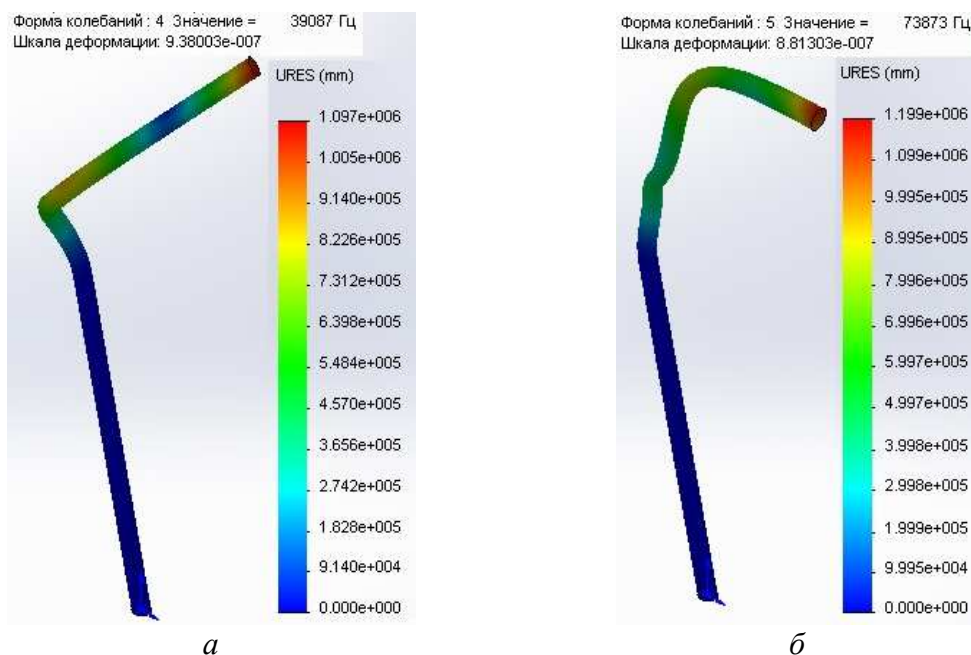


Рис. 4. Власні частоти та форми коливань голок:
а – 4-а; б – 5-а

Обробку базової циліндричної поверхні та голчастої гарнітури за способами [6; 7] пропонується здійснювати на заточному верстаті ВЗ-208ФЗ, орієнтованим інструментом. Зрозуміло, що значний вплив на динамічні характеристики обробляючої системи має шпиндельний вузол верстата.

З метою проведення частотного аналізу шпинделя було побудовано його просторову модель у системі SolidWorks. Загальний вигляд шпинделя та схема його закріплення показано на рис. 5.

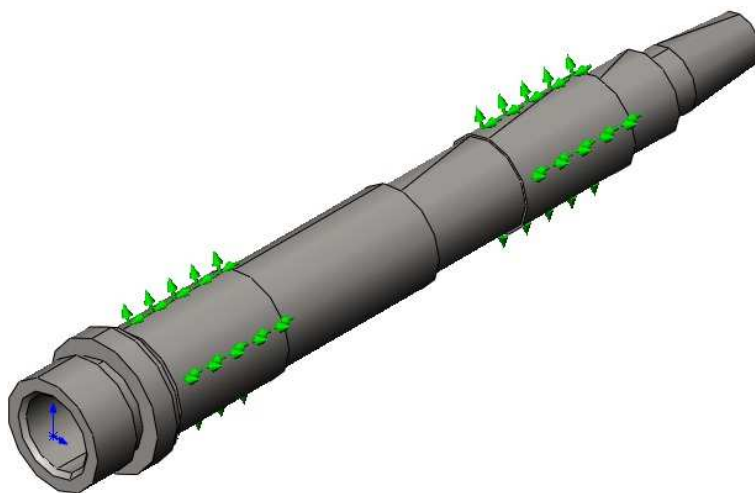


Рис. 5. Просторова модель шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ

У процесі визначення власних частот та форм коливання використовувалась стандартна сітка на твердому тілі з розміром елемента 6,726 мм. Загальна кількість елементів при цьому становить 8689, а кількість вузлів – 15 363. Аналіз системи показує, що таке розбиття деталі є оптимальним та забезпечує задовільну точність розрахунків.

На рис. 6-10 показані форми коливань для п'яти перших власних частот шпинделя, при цьому їх значення відповідно становлять: $f_{1ш} = 0,0289 \text{ Гц}$, $f_{2ш} = 5105,4 \text{ Гц}$, $f_{3ш} = 6272,1 \text{ Гц}$, $f_{4ш} = 6277,8 \text{ Гц}$ та $f_{5ш} = 6446 \text{ Гц}$.

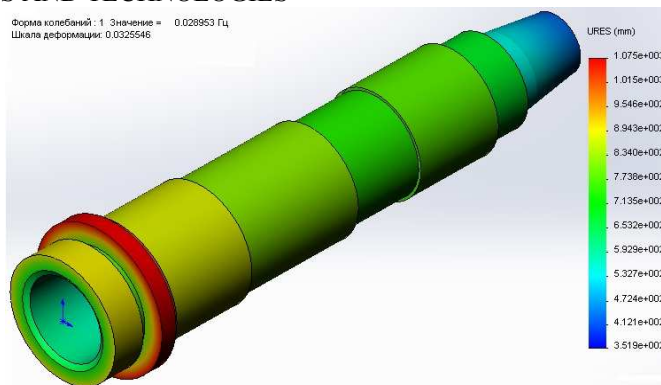


Рис. 6. Форма коливань першої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208Ф3

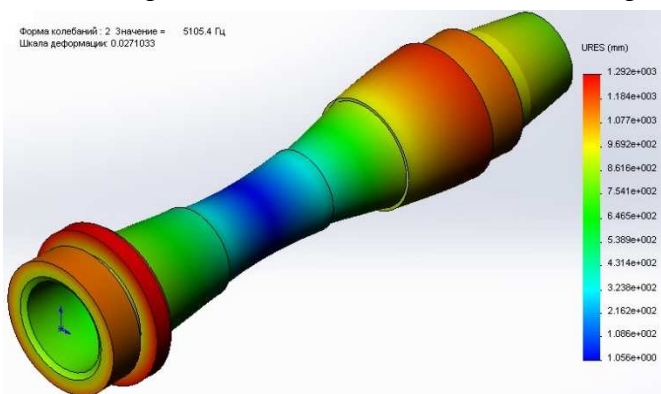


Рис. 7. Форма коливань другої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208Ф3

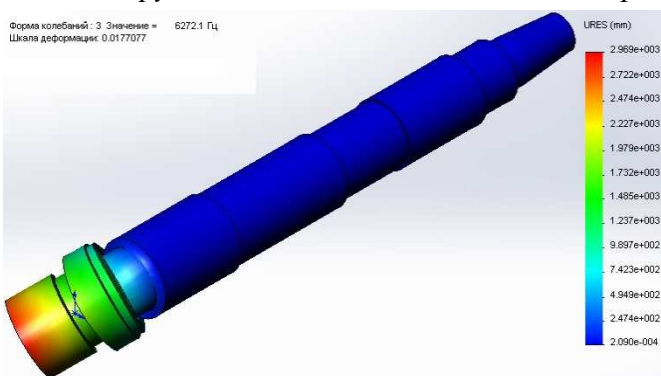


Рис. 8. Форма коливань третьої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208Ф3

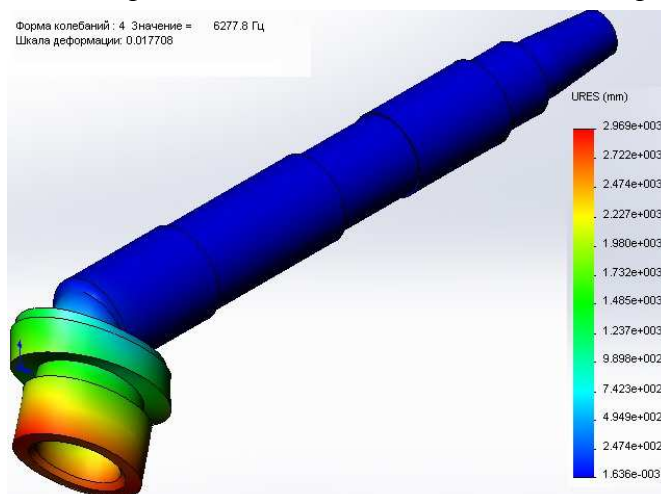


Рис. 9. Форма коливань четвертої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208Ф3

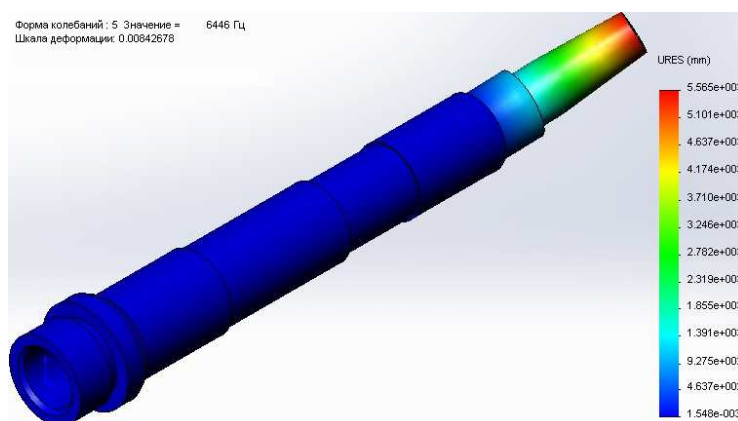


Рис. 10. Форма коливань п'ятої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ

З метою визначення амплітудно-фазово-частотної характеристики шпинделя верстата ВЗ-208 ФЗ було створено експериментальну установку (рис. 11). Вона складається з безпосередньо шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ 1 (рис. 11, а), АФЧХ якого ми плануємо отримати. На шпиндель 1 встановлена спеціальна втулка 2, її коливання з заданою частотою та амплітудою викликає електромагнітний збуджувач 3. Зняття показань здійснюється оптико-волоконним датчиком (рис. 11, б), що підключається до ЕВМ. Цей датчик являє собою оптичне волокно 1 (рис. 11, б), діаметр якого становить 10 мм. Волокно містить дві концентричні частини 2 та 3. Внутрішня частина 3 випромінює світловий потік, а зовнішня частина 2 сприймає відбите світло. За рахунок визначення зміни кількості сприйнятого світла в певний проміжок часу можна визначити частоту та амплітуду коливання втулки 2 (рис. 11, а), залежно від амплітуди та частоти коливань викликаних збуджуючим пристроєм 3, це й буде визначати АФЧХ шпинделя.

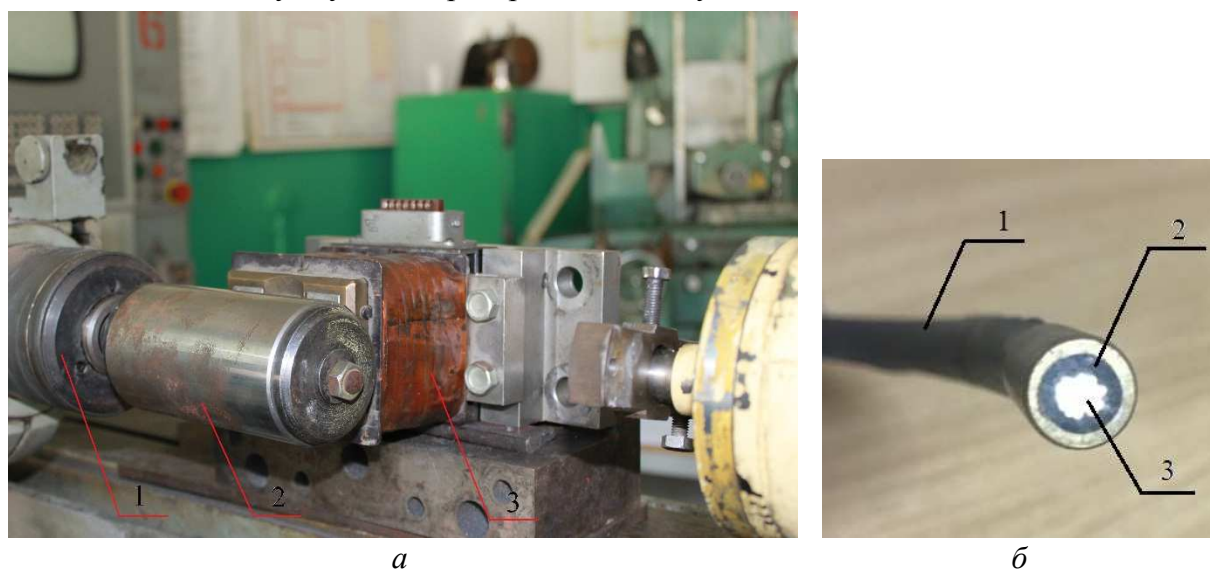


Рис. 11. Експериментальна установка визначення АФЧХ шпинделя (а), оптико-волоконний датчик (б)

За отриманим набором даних за допомогою будь-якого графічного чи математичного редактора можна побудувати амплітудно-фазово-частотну характеристику шпинделя. У цьому випадку побудова виконувалась у математичному пакеті MathCad.

У результаті експериментального дослідження виявлено, що АФЧХ шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ має вигляд кривої, зображеної на рис. 12.

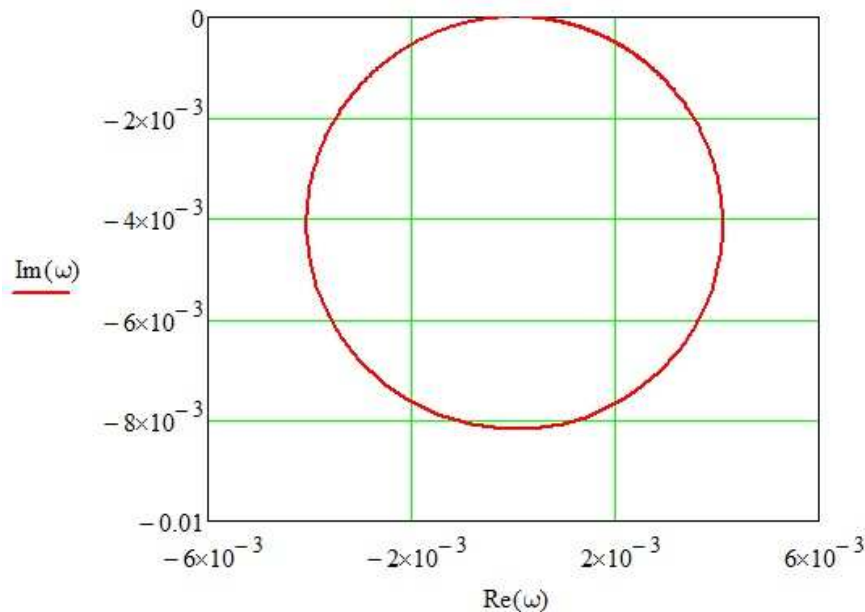


Рис. 12. Амплітудно-фазово-частотна характеристика шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ

Висновки відповідно до статті. Визначено величину початкового відхилення голок у результаті їх удару о поверхню шліфувального круга в момент входження в зону обробки. Побудовано просторову модель голки та проведено її частотний аналіз у системі Solidworks. Оскільки обробку текстильних валиків пропонується проводити на заточному верстаті ВЗ-208ФЗ, також було проведено модальний аналіз його шпиндельного вузла. Шляхом експериментального дослідження побудовано амплітудно-фазово-частотну характеристику.

Шляхом комп'ютерного просторового моделювання визначено перші п'ять власних частот коливання, а також відповідні їм форми коливань для голок кардної гарнітури та для шпиндельного вузла верстата ВЗ-208ФЗ. Експериментальним шляхом побудовано амплітудно-фазово-частотну характеристику шпинделя.

Список використаних джерел

1. Бишоп Р. Колебания / пер. с англ. под ред. Я. Г. Памовко. 3-е изд. Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 192 с.
2. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле / пер. с англ. Л. Г. Корнейчука; под. ред. Э. И. Григолоука. Москва: Машиностроение, 1985. 472 с.
3. Кудинов В. А. Динамика станков. Москва: Машиностроение, 1967. 360 с.
4. Орликов М. Л. Динамика станков. Київ: Выща шк. Головное изд-во, 1989. 272 с.
5. Оренбах С. Б., Кофман Э. Д., Худых М. И. Повышение эффективности работы чесальных машин. Москва: Легкая индустрия, 1980. 176 с.
6. Пат. 134080 Україна, МПК В24В 5/04. Спосіб круглого чистового шліфування периферією орієнтованого круга / Кальченко В. І., Кальченко В. В., Сіра Н. М., Кологойда А. В., Кужельний Я. В., Кальченко Д. В., Морочко В. В., Аксьонова О. О. – Опубл. 25.04.2019. Бюл. № 8. 4 ст.
7. Пат. №9394 Україна, МПК В24В19/00. Спосіб заточування голчастої циліндричної поверхні периферією орієнтованого круга / Кальченко В. І., Кальченко В. В., Єрошенко А. М., Кологойда А. В. – Опубл. 25.09.2014. Бюл. № 18.
8. Lombard M. SolidWorks 2011 Parts Bible. Wiley Publishing, Inc., 2011. 234 p.
9. Алямовский А. А. SolidWorks/CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. Москва: ДКМ Пресс, 2004. 432 с.

References

1. Bishop, R. (1986). *Kolebaniia [Vibration]*. Moscow: Nauka. Glavnaia redaktsiia fiziko-matematicheskoi literatury [in Russian].

2. Timoshenko, S. P., Yang, D. H., Uiver, U. (1985). *Kolebaniia v inzhenernom dele [Vibration in engineering]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
3. Kudinov, V. A. (1967) *Dinamika stankov [Machine dynamics]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
4. Orlikov, M. L. (1989). *Dinamika stankov [Machine dynamics]* Kiev: Vyischa shkola. Golovnoe izdatelstvo [in Russian].
5. Orenbah, S. B., Kofman, E. D., Hudyih, M. I. (1980). *Povyshenie effektivnosti raboty chesalnyih mashin [Increasing the efficiency of carding machines]*. Moscow: Legkaia industriia [in Russian].
6. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V., Sira, N. M., Kolohoida, A. V., Kuzhelnyi, Ya. V., Kalchenko, D. V., Morochko, V. V., Aksonova, O. O. (2019). *Sposib kruhloho chystovoho shlifuvannia peryferiiei oriietovanoho kruha [The method of round finishing polishing is the periphery of the oriented circle]*. Patent 134080 Ukraina [in Ukrainian].
7. Kalchenko V. I., Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Kolohoida A. V. (2014). *Sposib zatochuvannia holchatoi tsylindrychnoi poverkhni peryferiiei oriietovanoho kruha [The method of sharpening the needle cylindrical surface is the periphery of the oriented circle]*. Patent № 9394 Ukraina [in Ukrainian].
8. Lombard, M. (2011). *SolidWorks 2011 Parts Bible*. Wiley Publishing [in English].
9. Alyamovskiy, A. A. (2004) *SolidWorks/CosmosWorks. Inzhenernyi analiz metodom konechnykh elementov [Solidworks / CosmosWorks. Engineering analysis by the finite element method]*. Moscow: DKM Press [in Russian].

UDC 621.923.42

Natalia Sira, Antonina Kolohoida, Oleksandr Lytvyn, Dmytro Kalchenko

DEFINITION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS GRINDING OF CYLINDRICAL AND NEEDLE ROLLER SURFACE OF A TEXTILE MACHINE

Urgency of the research. In the process of fabricating fabrics, various types of aggregates are used in the textile industry, such as crocheting, crocheting and others. Their working part is the drums and rollers covered with card headset. The quality of the work surface of the card headset is subject to high requirements, since the occurrence of an error in the craft drum or roller of the textile unit causes the formation of an uneven gap between the working elements and, accordingly, the release of the poor-quality product. And not a satisfactory condition of the working surface of the needles causes a gap in the material, which also increases the percentage of the gap.

Target setting. Given the large dimensions of the drums and rollers of textile machines, as well as the slight stiffness of the headset, the dynamic impact on the accuracy of the processing has a significant impact.

Actual scientific researches and issues analysis. Various aspects of the theory of fluctuations of rigid structures are investigated, which allows us to use an analytical approach to many practical cases. The main issues of the dynamics of metal-cutting machine tools are considered: equivalent and elastic systems, working processes, stability of the dynamic system, stationary and transitional processes. The data on the closed dynamical system of the machine, the indicators of dynamic quality are given. The methods of finishing a grinding of smooth cylindrical and sharpening of needle surfaces of drums and rollers of textile machines are offered.

Uninvestigated parts of general matters defining. However, the study of dynamic characteristics in the process of finishing grinding cylindrical and needle surfaces of drums and rollers of textile machines was not conducted. Research of dynamic characteristics of the grinding process of cylindrical and needle surfaces of drums and rollers of textile machines, and determination of dynamic properties of elements of the processing system.

The statement of basic materials. The value of the initial deflection of the needles as a result of their impact on the surface of the grinding wheel at the time of entry into the processing zone was determined. A spatial model of the needle was constructed and its frequency analysis in the Solidworks system was performed. Since the processing of textile rollers is proposed to be carried out on the grinding machine VZ-208F3, a modal analysis of its spindle assembly was also carried out. In the experimental study, the amplitude-phase-frequency characteristic is constructed.

Conclusions. Through the computer spatial modeling, the first five self-oscillation frequencies were determined, as well as the corresponding oscillation patterns for the needle of the card headset and for the spindle knot of the machine VZ-208F3. Experimental way is the amplitude-phase-frequency characteristic of the spindle.

Keywords: textile machines; grinding; dynamics; oscillations; amplitude-phase-frequency characteristic.

Fig.: 12. **References:** 9.

Сіра Наталія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Sira Natalia – PhD in Technical Sciences, Associated Professor of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

E-mail: nnseraya@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3248-0593>

ResearcherID: K-2658-2017

Кологойда Антоніна Вікторівна – старший викладач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kolohoida Antonina – senior teacher of road transport industry and mechanical engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: kolohoida@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1742-2686>

ResearcherID: I-1118-2014

Литвин Олександр Олександрович – аспірант кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Lytvyn Oleksandr – PhD student of the Department of Information Technologies and Software Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: xpower4718@gmail.com

Кальченко Дмитро Володимирович – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kalchenko Dmytro – PhD student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: itmia@ukr.net

УДК 621.923.42

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-54-61

*Віталій Кальченко, Володимир Кальченко, Ярослав Кужельний, Володимир Морочко***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧИСТОВОГО ОДНОПРОХІДНОГО ШЛІФУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ПОВЕРХНІ ВАЛА ОРІЄНТОВАНИМ ІНСТРУМЕНТОМ**

Актуальність теми дослідження. Для забезпечення високої конкурентоспроможності сучасних вітчизняних підприємств необхідно підвищувати продуктивність процесу обробки за умови забезпечення необхідної якості та точності.

Постановка проблеми. Для досягнення високих техніко-економічних показників під час фінішної обробки деталей, необхідно удосконалювати вже існуючі або розробляти нові ефективні способи шліфування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існують способи глибинного шліфування зі схрещеними осями інструмента й циліндричної деталі та спосіб поздовжнього круглого багатопрохідного шліфування деталі периферією циліндричного круга. Розроблено спосіб чистового шліфування циліндричної поверхні вала за умови розподілу припуску вздовж всієї ділянки периферії інструмента.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Експериментальні дослідження чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом відсутні.

Постановка завдання. Для забезпечення високих вимог до якості, геометричних розмірів і точності циліндричних деталей необхідно удосконалювати вже існуючі або розробляти нові ефективні способи фінішної обробки.

Виклад основного матеріалу. Для забезпечення обробки циліндричних валів за один прохід при рівномірному розподілу припуску вздовж периферії шліфувального круга використовується спосіб чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом.

Висновки відповідно до статті. Експериментально визначено активну потужність під час чистового однопрохідного шліфування залежно від величини припуску та поздовжньої подачі. Визначено розподіл температури під час обробки. Шорсткість обробленої поверхні деталі $Ra = 0,63 - 1,25$ мкм.

Ключові слова: однопрохідне шліфування; чистова обробка; орієнтований інструмент; абразивний круг; циліндрична поверхня вала.

Рис.: 12. Бібл.: 12.

Актуальність теми дослідження. Для забезпечення високої конкурентоспроможності сучасних вітчизняних підприємств, необхідно вирішувати задачі по розробці нових способів шліфування циліндричної поверхні вала. Це, у свою чергу, підвищить продуктивність процесу, витримуючи при цьому необхідну якість та точність деталі.

Постановка проблеми. Велику кількість циліндричних деталей використовують у різноманітних галузях виробництва, зокрема у верстатобудуванні, автомобілебудуванні, тракторобудуванні та ін. Щоб забезпечити задані вимоги до точності та якості циліндричних поверхонь деталей, необхідно удосконалювати вже існуючі або розробляти нові ефективні способи механічної обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують способи [1; 2; 3] глибинного шліфування зі схрещеними осями інструмента та циліндричної деталі. У цих способах кут орієнтації інструмента приймається за умови отримання найбільшої продуктивності процесу. Оскільки при зазначених способах обробки приймаються великі припуски, то це призводить до підвищення температури в зоні обробки й негативно впливає на структуру поверхневого шару деталі.

Існує спосіб поздовжнього круглого багатопрохідного шліфування деталі периферією циліндричного круга [4]. Основним недоліком цього способу є нерівномірний знос круга, що призводить до нестабільного положення формоутворюючої ділянки інструмента. У роботі [5] розглянуто спосіб глибинного шліфування поверхонь обертання орієнтованим ельборовим кругом. Проте в цьому способі обробка відбувається як периферією, так і торцем круга.

Використовуючи роботи [6-11], у роботі [12] було наведено спосіб чистового шліфування циліндричної поверхні вала за умови розподілу припуску вздовж всієї ділянки периферії інструмента.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Експериментальні дослідження чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом відсутні.

Мета статті. Метою цієї статті є експериментальне дослідження чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Виклад основного матеріалу. Чистову однопрохідну обробку циліндричної поверхні вала здійснювали на верстаті з ЧПК В3208Ф3 абразивним кругом 1–200×20×32 25А 7 К5 СМ1 35 В. На рис. 1 зображено загальний вигляд та розташування основних складових частин верстата з ЧПК В3208Ф3.

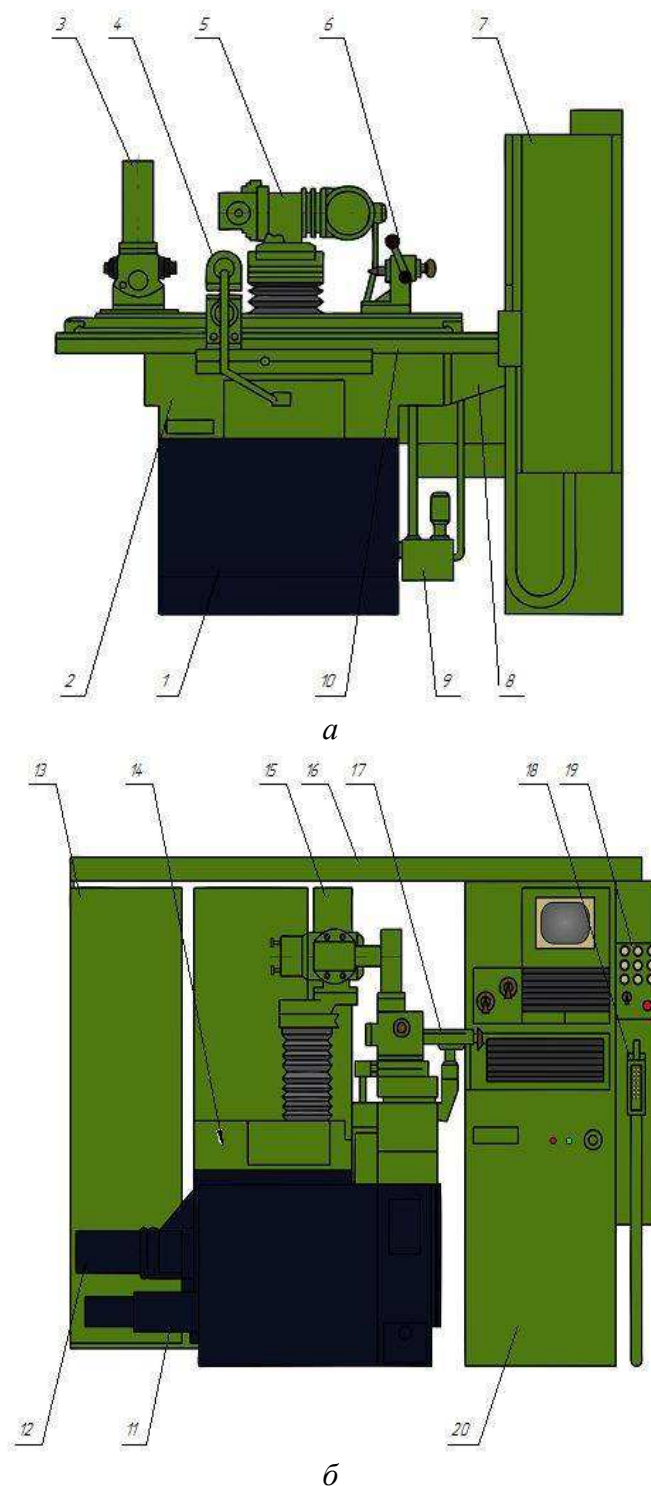
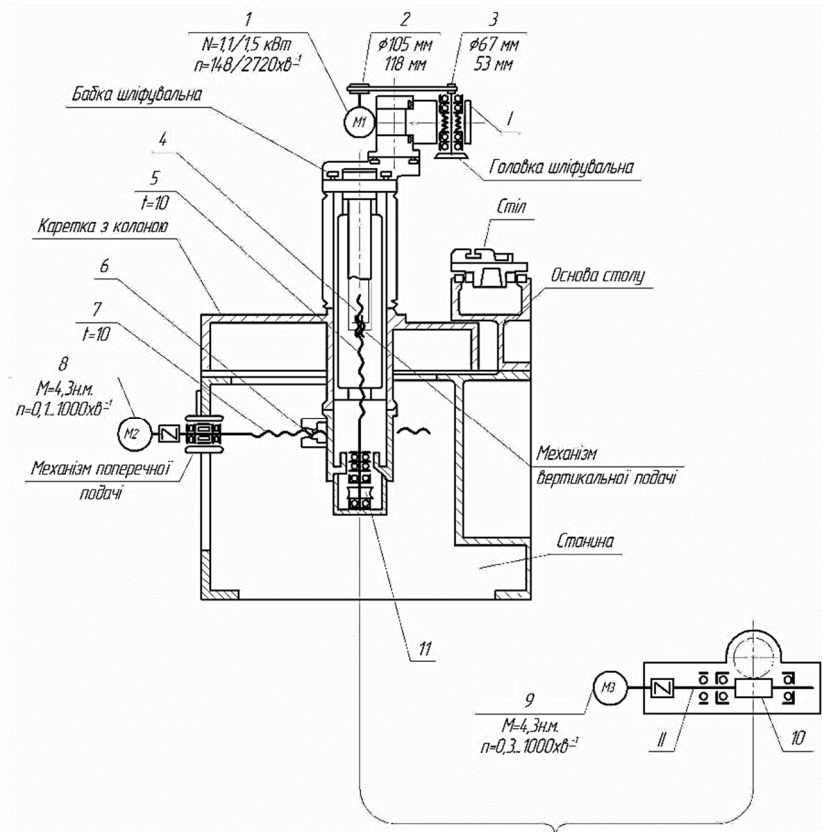


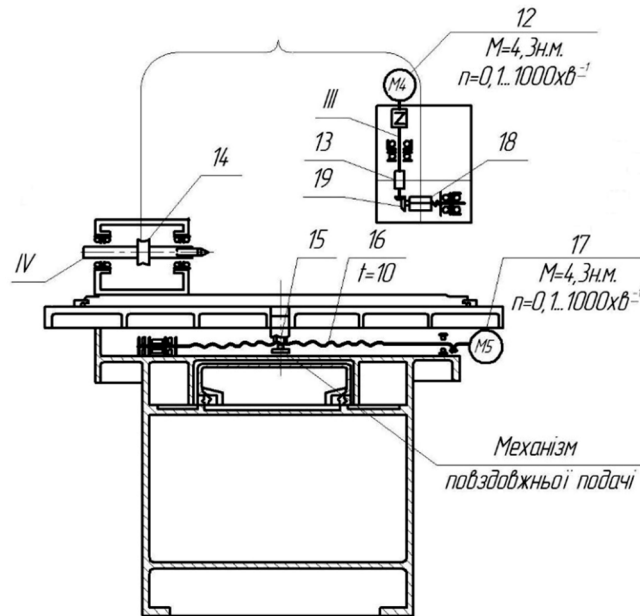
Рис. 1. Загальний вигляд верстата з ЧПК В3208Ф3:

- а – вид спереду, б – вид збоку; 1 – станина; 2 – основа стола; 3 – бабка виробу; 4 – опора;
5 – бабка шліфувальна; 6 – задня бабка; 7 – електрошафа; 8 – механізм повздовжньої подачі;
9 – станція змащування; 10 – стіл; 11 – механізм вертикальної подачі; 12 – механізм поперечної подачі;
13 – електрообладнання електричної шафи; 14 – каретка з колоною; 15, 16 – короб; 17 – кронштейн опори; 18 – пульт переносний; 19 – електрообладнання пульта керування; 20 – система ЧПК*

На рис. 2 зображено кінематичну схему верстата з ЧПК В3208Ф3.



а



б

Рис. 2. Кінематична схема верстата з ЧПК В3208Ф3:

а – вид збоку, б – вид спереду; 1 – електродвигун; 2,3 – шківні ремінної передачі; 4 – гайка механізму вертикальної подачі; 5 – гвинт механізму вертикальної подачі; 6 – гайка механізму поперечної подачі; 7 – гвинт механізму поперечної подачі; 8, 9, 12, 17 – електродвигун; 10, 11, 13, 14, 18 – черв'ячна передача; 15 – гайка механізму повздовжньої подачі; 16 – гвинт механізму повздовжньої подачі; 19 – конічна передача. I, II, III, IV – вали, які отримують крутний момент від електродвигуна

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Здійснювався процес чистового однопрохідного шліфування (рис. 3) циліндричного вала, матеріал деталі – сталь 45, діаметр – 25 мм (рис. 4). Обробка здійснювалась периферією абразивного круга.



Рис. 3. Процес чистового однопрохідного шліфування вала

Рис. 4. Оброблювана деталь

Під час шліфування була визначена потужність холостого ходу (рис. 5) та активна потужність (рис. 6–8), яка витрачається у процесі шліфування. Експеримент проводився з різним припуском на обробку: 0,1; 0,15 та 0,2 мм та з різною повздовжньою подачею: 0,1; 0,15 та 0,2 мм/об.

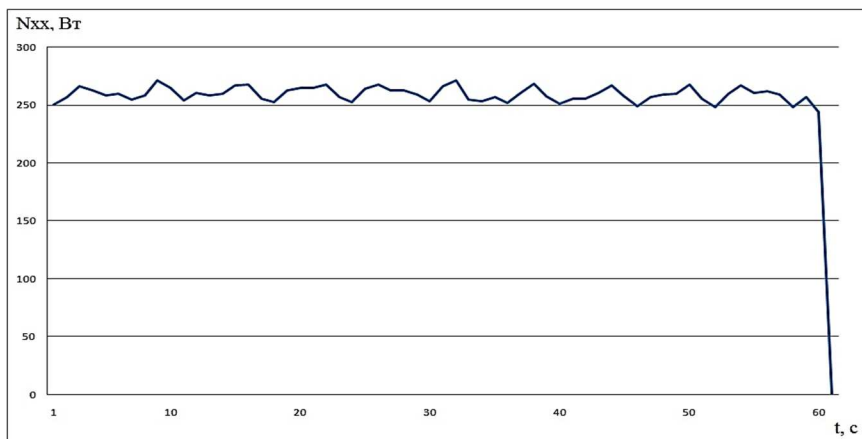


Рис. 5. Потужність холостого ходу

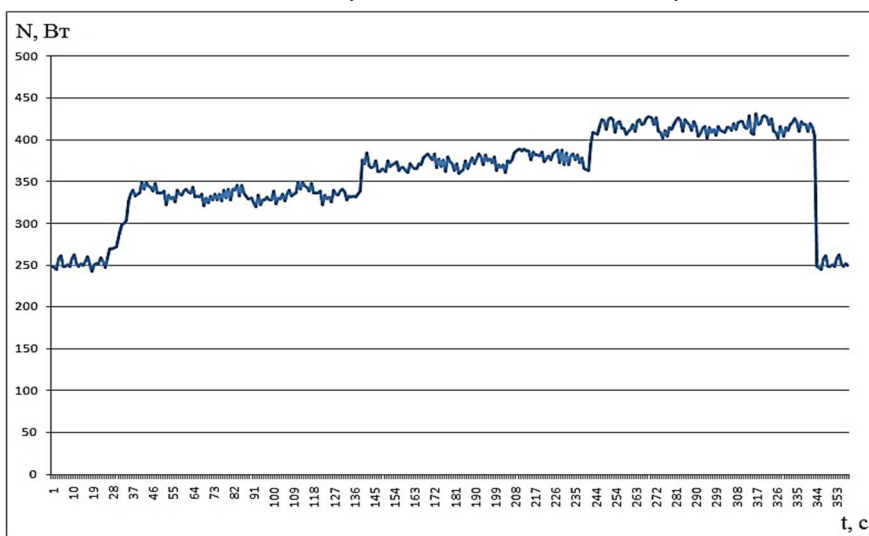


Рис. 6. Активна потужність під час шліфування з припуском на обробку 0,1 мм

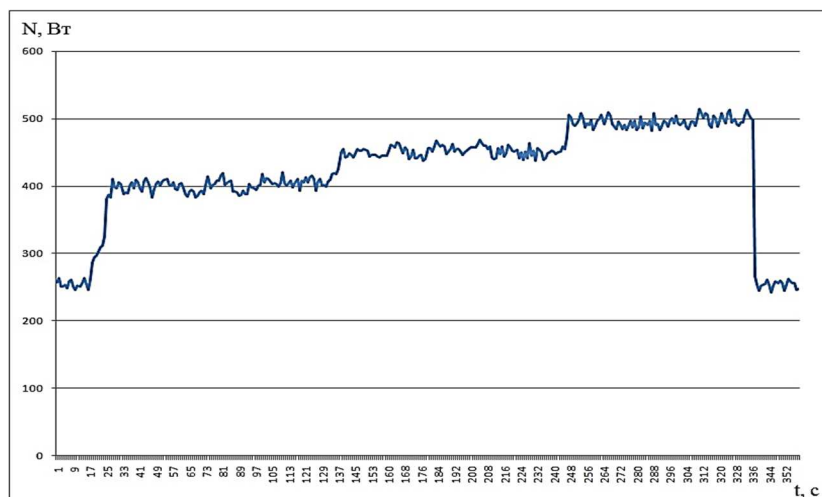


Рис. 7. Активна потужність під час шліфування з припуском на обробку 0,15 мм

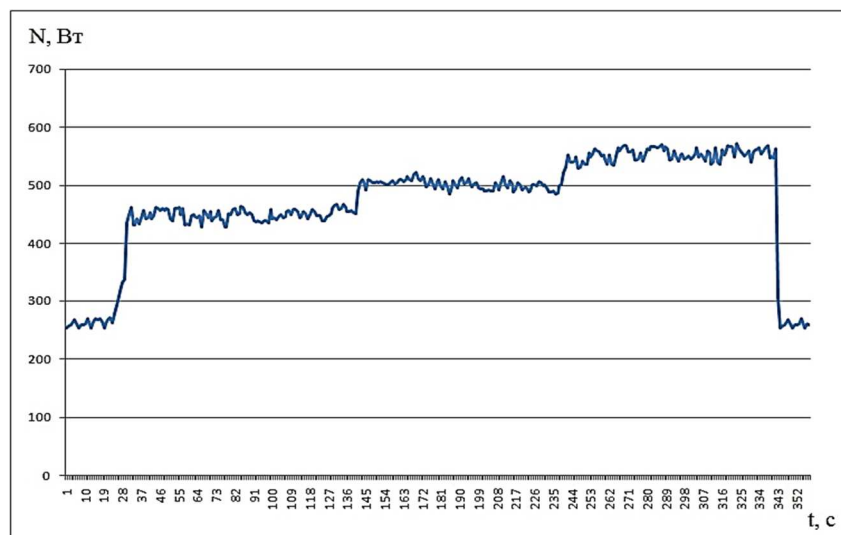


Рис. 8. Активна потужність під час шліфування з припуском на обробку 0,2 мм

Активна потужність була заміряна за допомогою вимірювального перетворювача активної потужності С.А 8220 (рис. 9).



Рис. 9. Вимірювальний перетворювач активної потужності С.А 8220

Під час шліфування циліндричного вала за допомогою тепловізора моделі URIRVISION ТІ-384 було визначено розподіл температури під час обробки (рис. 10).



Рис. 10. Тепловізор моделі URIRVISION TI-384

На рис. 11 зображено розподіл температури під час чистового однопрохідного шліфування вала.

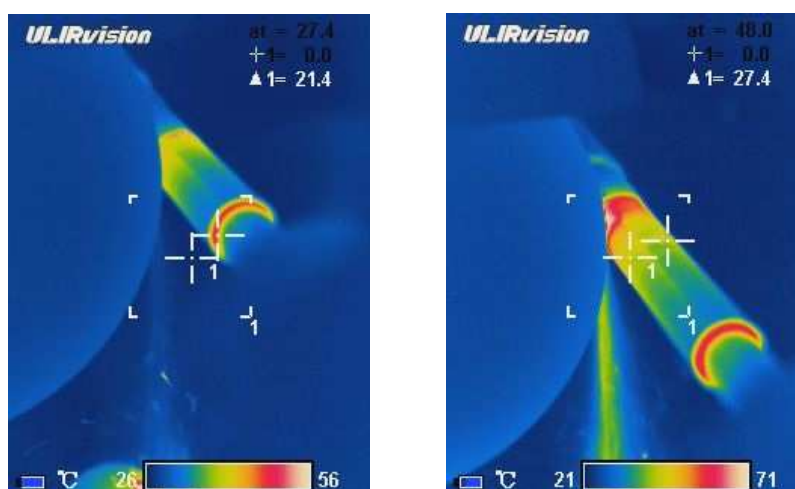


Рис. 11. Розподіл температури під час чистового однопрохідного шліфування вала

Було визначено шорсткість R_a циліндричної поверхні вала за допомогою профілографа-профілометра моделі 201 та портативного профілометра Pocket Surf III. Із отриманої профілограми (рис. 12) шорсткість циліндричної поверхні вала становила $R_a = 0,63 - 1,25$ мкм.

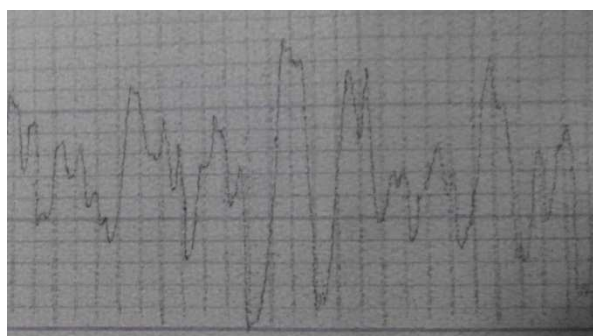


Рис. 12. Профілограма обробленої поверхні циліндричного вала

Висновки відповідно до статті. Експериментально досліджено процес чистового однопрохідного шліфування периферією абразивного інструмента. При цьому способі шліфування припуск рівномірно розподіляється вздовж периферії шліфувального круга, що дає можливість зменшити глибину різання за один прохід та теплонапруженість процесу обробки.

Виміряно активну потужність під час шліфування з різними припусками на обробку (0,1; 0,15 та 0,2 мм) та повздовжньою подачею (0,1; 0,15 та 0,2 мм/об). Визначено розподіл температури під час процесу шліфування.

Шорсткість обробленої поверхні деталі при експериментальному дослідженні становила $Ra = 0,63 - 1,25$ мкм.

Розбіжність результатів, отриманих при експериментальному та теоретичному дослідженнях процесу чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом, знаходиться в межах 9 %.

Список використаних джерел

1. Кальченко В. И., Погиба Н. Н., Кальченко Д. В. Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным эльборовым кругом. *Сверхтвердые материалы*: научно-теоретический журнал. 2012. № 2. С. 58–73.
2. Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Boiko S. V. & Sira N. M. Determination Of Cutting Forces In Grinding With Crossed Axes Of Tool And Workpiece. *Acta mechanica et automatica*. 2017. Vol. 11. No. 1. P. 58–63.
3. Грабченко А. И., Кальченко В. И., Кальченко В. В Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали: монография. Чернигов: ЧГТУ, 2009. 356 с.
4. Ящерицын П. И., Еременко М. Л., Жигалко Н. И. Основы резания материала и режущий инструмент. Минск: Высшая школа, 1975. 528 с.
5. Кальченко В. И., Погиба Н. Н., Кальченко Д. В. Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным эльборовым кругом. *Сверхтвердые материалы*: научно-теоретический журнал. 2012. № 2. С. 58–73.
6. Корчак С. Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. Москва: Машиностроение, 1974. 280 с.
7. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. Москва: Машиностроение, 1974. 320 с.
8. Родин П. Р. Основы формообразования поверхностей резанием. Киев: Высшая школа, 1977. 192 с.
9. Байкалов А. К. Введение в теорию шлифования материалов. Киев: Наукова думка, 1978. 207 с.
10. Основы теории резания материалов: учебник / Н. П. Мазур и др. 2-е изд., перераб. и доп. Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. 534 с.
11. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование. Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. 248 с.
12. Кальченко В. I., Кальченко В. В., Кужельний Я. В., Морочко В. В. Визначення сил різання при чистовому шліфуванні циліндричної поверхні вала. *Технічні науки та технології*. 2019. № 1 (15). С. 41–52.

References

1. Kalchenko, V. I., Pogiba, N. N. & Kalchenko, D. V. (2012). Opredelenie sostavliaiushchikh sily rezaniia pri glubinnom shlifovanii poverkhnostei vrashcheniia orientirovannym elborovym krugom [Determination of the components of the cutting force for deep grinding of surfaces of revolution by an oriented elbor wheel]. *Sverkhtverdye materialy – Superhard materials*, 2 (196), 58–73 [in Russian].
2. Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Boiko S. V. & Sira N. M. (2017). Determination Of Cutting Forces In Grinding With Crossed Axes Of Tool And Workpiece. *Acta mechanica et automatica*, 11 (1), 58–63.
3. Grabchenko, A. I., Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V. (2009) *Shlifovanie so skreshchivaiushchimisia osiami instrumenta i detali [Grinding with crossed axes tool and workpiece]*. Chernigov: CHGTU [in Russian].
4. Iashcheritcyn, P. I., Eremenko, M. L. & Zhigalko, N. I. (1975). *Osnovy rezaniia materiala i rezhushchii instrument [Fundamentals of cutting material and the cutting tool]*. Minsk: Vysheishaia shkola [in Russian].
5. Kalchenko, V. I., Pogiba, N. N. & Kalchenko, D. V. (2012). Opredelenie sostavliaiushchikh sily rezaniia pri glubinnom shlifovanii poverkhnostei vrashcheniia orientirovannym elborovym krugom [Determination of the components of the cutting force for deep grinding of surfaces of revolution by an oriented elbor wheel]. *Sverkhtverdye materialy – Superhard materials*, 2 (196), 58–73 [in Russian].
6. Korchak, S. N. (1974). *Proizvoditelnost protcessa shlifovaniia stalnykh detalei [Productivity of the the grinding process of steel parts]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
7. Maslov, E. N. (1974). *Teoriia shlyfovaniia materialov [The theory of grinding of materials]*. Moscow: Mashynostroenie [in Russian].
8. Rodyn P.R. (1977) *Osnovyi formoobrazovaniya poverhnostey rezaniem [Basics of forming surfaces by cutting]*. Kiev: Vyshcha shkola [in Russian].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

9. Baikalov, A. K. (1978) *Vvedenie v teoriyu shlifovaniia materialov [Introduction to the theory of grinding materials]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
10. Mazur, N. P., Vnukov, Yu. N., Grabchenko, A. I., Dobroskok, V. L., Zaloga, V. A., Novoselov, Yu. K., Yakubov, F. Ya. (2013). *Osnovy teorii rezaniia materialov: Uchebnik [Fundamentals of the theory of cutting materials: Textbook]*. Kharkiv: NTU«KhPI» [in Ukrainian].
11. Filimonov L.N. (1979). *Vysokoskorostnoe shlifovanie [High-speed grinding]*. Leningrad: Mashinostroenie leningradsкое otделение [in Russian].
12. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V., Kuzhelnyi, Ya. V., Morochko, V. V. (2019). Vyznachennia syl rizannia pry chystovomu shlifuvanni tsylindrychnoi poverkhni vala [Determination of cutting forces during finishing grinding of the cylindrical surface of the shaft]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 1 (15), 41–52 [in Ukrainian].

UDC 621.923.42

*Vitalii Kalchenko, Volodymyr Kalchenko, Yaroslav Kuzhelnyi, Volodymyr Morochko***EXPERIMENTAL RESEARCH FINISHING SINGLE PASS GRINDING OF THE CYLINDRICAL SURFACE OF THE SHAFT WITH AN ORIENTED TOOL**

Urgency of the research. To ensure the high competitiveness of modern domestic enterprises, it is necessary to increase the productivity of the processing process, provided that the required quality and accuracy is ensured.

Target setting. In order to achieve high technical and economic indicators in finishing machining of parts, it is necessary to improve existing ones or develop new effective methods of grinding.

Actual scientific researches and issues analysis. There are methods of deep grinding with crossed axes of the tool and a cylindrical part and a method of longitudinal circular multi-pass grinding of a part with the periphery of a cylindrical circle exist.

Uninvestigated parts of general matters defining. The experimental research of the finishing single pass grinding of the cylindrical surface of the shaft with an oriented tool are absent.

The research objective. To ensure high quality requirements, geometrical dimensions and accuracy of cylindrical parts, it is necessary to improve existing ones or develop new effective methods for finishing.

The statement of basic materials. To ensure the processing of cylindrical shafts in a single pass with a uniform distribution of the allowance along the periphery of the grinding wheel, a method of finishing single pass grinding of the cylindrical surface of the shaft with an oriented tool is used.

Conclusions. Experimentally determined active power during finishing single pass grinding, depending on the size of the allowance and the longitudinal feed. The temperature distribution during processing was determined. The roughness of the processed surface of the part is $Ra = 0,63 - 1,25 \mu m$.

Keywords: single pass grinding; finishing; oriented tool; abrasive wheel; cylindrical surface of the shaft.

Fig.: 12. References: 12.

Кальченко Віталій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kalchenko Vitalii – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head road Transport Industry and Mechanical Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: kalchenkovi@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9850-7875>

ResearcherID: G-9477-2014

Кальченко Володимир Віталійович – доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kalchenko Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector in scientific and pedagogical work, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vvkalchenko74@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9072-2976>

ResearcherID: G-6752-2014

Кужельний Ярослав Володимирович – викладач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kuzhelnyi Yaroslav – teacher of the Department of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: k.y.v.immortal@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5269-8557>

ResearcherID: J-1127-2016

Морочко Володимир Вікторович – магістр, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Morochko Volodymyr – master, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: itmia@ukr.net

РОЗДІЛ II. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 311+512

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-62-70

Олександр Дубягін, Володимир Гур'єв, Ірина Фірсова

МІЖРІВНЕВИЙ БАЛАНС: ПОКАЗНИКИ РІВНЕВОЇ СТРУКТУРИ ОБ'ЄКТА, ЇЇ ЗМІНИ ТА КООРДИНАЦІЇ – АГРЕГАТНА ФОРМА

Актуальність теми дослідження. Показники рівневої структури об'єкта, її зміни та координації, як одна з видових категорій показників міжрівневого балансу, забезпечують всебічну кількісну оцінку структури керованого об'єкта, його структурних зрушень, втрат і поповнення щодо ознаки, вимірюваної в його одиниць у шкалі відношень.

Постановка проблеми. Відповідні показники міжрівневого балансу, представлені до цього через незважені (неагреговані) складові останнього, унеможливають подібну оцінку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обчислення неагрегованих показників рівневої структури об'єкта, її зміни та координації відбувається через значення чисельності рухомих і нерухомих одиниць об'єкта.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Оцінка наслідків керуючого впливу на структурований об'єкт, виконувана в значеннях вимірюваної ознаки і пояснювана міжрівневим пересуванням одиниць цього об'єкта.

Постановка завдання. Сформулювати показники рівневої структури об'єкта, її зміни та координації в системі показників міжрівневого балансу шляхом формулювання правил їх обчислення в агрегатній формі.

Виклад основного матеріалу. Агрегатна форма моделі міжрівневого балансу ґрунтується на таких складових балансу, як рівневе поповнення (рівневі втрати) об'єкта, що пояснює наслідки керуючого впливу на об'єкт на різних рівнях їх систематизації в моделі. Результат такої систематизації – система агрегованих показників балансу, серед яких показники рівневої структури об'єкта, її зміни та координації визначають рівневу структуру, оцінюють структурні зрушення та порівнюють складові рівневої структури об'єкта через сукупні значення ознаки, вимірюваної в його одиниць на тому чи іншому рівні. Досліджувані показники сформульовані як абсолютні, відносні та середні величини.

Висновки відповідно до статті. Запропоновані показники міжрівневого балансу мають важливе значення для оцінки наслідків та ефективності керуючого впливу на структурований об'єкт.

Ключові слова: агреговані складові; керований об'єкт; міжрівневий баланс; показники динаміки і координації; рівнева структура.

Табл.: 1. Рис.: 1. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. Формулювання в системі показників міжрівневого балансу показників рівневої структури об'єкта, її зміни та координації, якими у шкалі відношень оцінюється структура керованого об'єкта та його структурні зрушення, є актуальним науковим завданням комплексної оцінки наслідків керуючого впливу на структурований об'єкт й ефективності цього впливу. Ці показники можуть бути корисними для характеристики інформаційних систем, технічних пристроїв, а також об'єктів і систем іншого походження, якщо йдеться про однорідну ознаку, покладену в основу їх структурного аналізу.

Постановка проблеми. Показники рівневої структури об'єкта, її зміни та координації, представлені до цього через незважені (неагреговані) складові міжрівневого балансу, унеможливають подібну оцінку. Щоб подолати цю проблему, маємо скористатися агрегатною формою моделі міжрівневого балансу, в якій складові балансу представлені зваженими, так, що роль ваги рівневих значень ознаки відіграє чисельність міжрівневих пересувань одиниць об'єкта.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В системі показників міжрівневого балансу показники рівневої структури об'єкта, її зміни та координації представлені за критерієм «призначення» та до цього були сформульовані в неагрегованому вигляді, лише через складові моделі міжрівневого балансу, синтезованої в простій формі. В агрегатній формі балансова модель розглядається в роботі [10], а складові такої моделі підходять на роль порівнюваних між собою величин в конструкції даних показників. Аналогом моделі міжрівневого балансу є модель міжгалузевого балансу, запропонована В. В. Леонт'євим [1, с. 8-18]. Щодо характеристики структури об'єкта спостереження та його структурних зрушень у статистиці традиційно застосовуються абсолютні, відносні та середні величини, а серед відносних величин поширеними є показники структури, динаміки та координації [2-9].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Це – оцінка наслідків керуючого впливу на структурований об’єкт, виконувана у значеннях вимірюваної ознаки і пояснювана міжрівневим пересуванням одиниць цього об’єкта.

Постановка завдання (мета статті). Сформулювати показники рівневої структури об’єкта, її зміни та координації в системі показників міжрівневого балансу шляхом формулювання правил їх обчислення в агрегатній формі.

Виклад основного матеріалу. Нагадаємо, що відповідно до класифікації показників міжрівневого балансу показники структури (зміни структури) об’єкта поділяються на наступні видові категорії: за способом обчислення – на абсолютні, відносні та середні; за межами руху одиниць об’єкта – на рівневі та загальні. Щодо форми їх обчислення, вони визначаються як прості (неагреговані: рівневі – N_{i0}, N_{j1} ; загальні – N_0, N_1) та зважені (агреговані: рівневі – $L_{i0}, L_{(j)0}, L_{j1}, L_{(i)1}$; загальні – L_0, L_1). Перші представляють просту форму балансової моделі, другі – агрегатну форму балансової моделі [10].

Щодо аналізу наслідків керуючого впливу на об’єкт, їх визначають агреговані показники, а тому далі розглядаються докладно саме вони.

Для їх обчислення скористаємося наступними складовими балансу, які представляють абсолютні рівневі показники структури:

$$\begin{cases} L_{i0} = N_{i0}l_i = \sum_{j=1}^k n_{ij}l_i, & i = 1, 2, \dots, k; & (1) \\ L_{(j)0} = \sum_{i=1}^k n_{ij}l_i, & j = 1, 2, \dots, k, & (2) \\ L_{j1} = N_{j1}l_j = \sum_{i=1}^k n_{ij}l_j, & j = 1, 2, \dots, k; & (1) \\ L_{(i)1} = \sum_{j=1}^k n_{ij}l_j, & i = 1, 2, \dots, k. & (2) \end{cases}$$

Обидва вирази кожної з систем рівнянь являють собою значення ознаки, вимірювані на певному рівні (рівняння (1)) або поза ним (рівняння (2)); символ рівня взятий в кутові дужки у одиниць об’єкта у стані «до» (система рівнянь (1)); стан позначається «0») і «після» (система рівнянь (2)); стан позначається «1»): на рівні i у стані «до» (рівняння (1/1)) і на будь-якому рівні у стані «після» (рівняння (2/2)) у N_{i0} одиниць об’єкта, а також на рівні j у стані «після» (рівняння (2/1)) і на будь-якому рівні у стані «до» (рівняння (1/2)) у N_{j1} одиниць об’єкта.

Абсолютні загальні показники структури характеризують значення ознаки, вимірюваної у всіх N одиниць об’єкта у його станах «до» (система рівнянь (3)) та «після» (система рівнянь (4)), і визначаються наступним чином:

$$L_0 = \begin{cases} \sum_{i=1}^k L_{i0} = \sum_{i=1}^k N_{i0}l_i = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k n_{ij}l_i, & (1) \\ \sum_{j=1}^k L_{(j)0} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^k n_{ij}l_i; & (2) \end{cases}$$

$$L_1 = \begin{cases} \sum_{j=1}^k L_{j1} = \sum_{j=1}^k N_{j1}l_j = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^k n_{ij}l_j, & (1) \\ \sum_{i=1}^k L_{(i)1} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k n_{ij}l_j. & (2) \end{cases}$$

Щодо зміни структури об’єкта, характерним абсолютним рівневим показником є *рівневий абсолютний приріст (скорочення) ознаки*, або *рівневе абсолютне сальдо об’єкта*, що визначається на тому чи іншому рівні p , такому що $p = i$ у стані «до» і $p = j$ у стані «після», й формується на основі приросту (скорочення) ΔN_p рівневої чисельності одиниць об’єкта:

$$\Delta L_p = L_{p1} - L_{p0} = (N_{p1} - N_{p0}) \cdot l_p = \Delta N_p \cdot l_p, \quad (5)$$

Через збільшення значення p -рівневого агрегату на $\Delta N_p l_p$ одиниць вимірюваної ознаки приріст буде додатним, а через його зменшення на $\Delta N_p l_p$ – від’ємним. За абсолютного максимального прибуття або вибуття на рівні k , такому що $l_k = k$, граничне значення приросту складатиме $\pm Nk$.

Додаванням усіх можливих значень ΔL_p p -рівневого абсолютного сальдо визначається *загальне абсолютне сальдо об’єкта*:

$$\Delta L = \sum_{p=1}^k \Delta L_p = L_1 - L_0. \quad (6)$$

Значення цього показника вказує на наявність *втрат* або *поповнення об'єкта* щодо вимірюваної в його одиниць ознаки, що має місце через міжрівневий рух останніх. Від'ємне сальдо, або сальдо з дефіцитом, свідчить про втрати, а додатне (з профіцитом) – про поповнення.

Цікавим є те, що величину загального абсолютного сальдо об'єкта можна отримати інакше, через нововведений показник, якому дамо назву «*позарівневий абсолютний приріст (скорочення) ознаки*», або *позарівневе абсолютне сальдо об'єкта*, що визначається поза будь-якого рівня p , такого що $p = i$ у стані «після» і $p = j$ у стані «до», й обчислюється через значення ознаки, представлені рівняннями (2) систем (1) і (3):

$$\Delta L_{(p)} = L_{(p)1} - L_{(p)0} = \sum_{j=1}^k n_{pj} l_j - \sum_{i=1}^k n_{ip} l_i. \quad (7)$$

Через перевищення на $\Delta L_{<p>}$ одиниць спільного значення ознаки, вимірюваної на будь-якому відповідному рівні в N_{Bp} одиниць об'єкта (вибулих з рівня p) у його стані «після», над значенням ознаки, вимірюваної на будь-якому відповідному рівні в N_{Pp} одиниць об'єкта (прибулих на рівень p) у його стані «до», шукане сальдо буде додатним, у протилежній ситуації – від'ємним. Граничне його значення таке ж саме і становить $\pm Nk$.

На рисунку продемонстровано формування на рівні p (а) та поза ним (б) величин ΔL_p і $\Delta L_{<p>}$ відповідно.

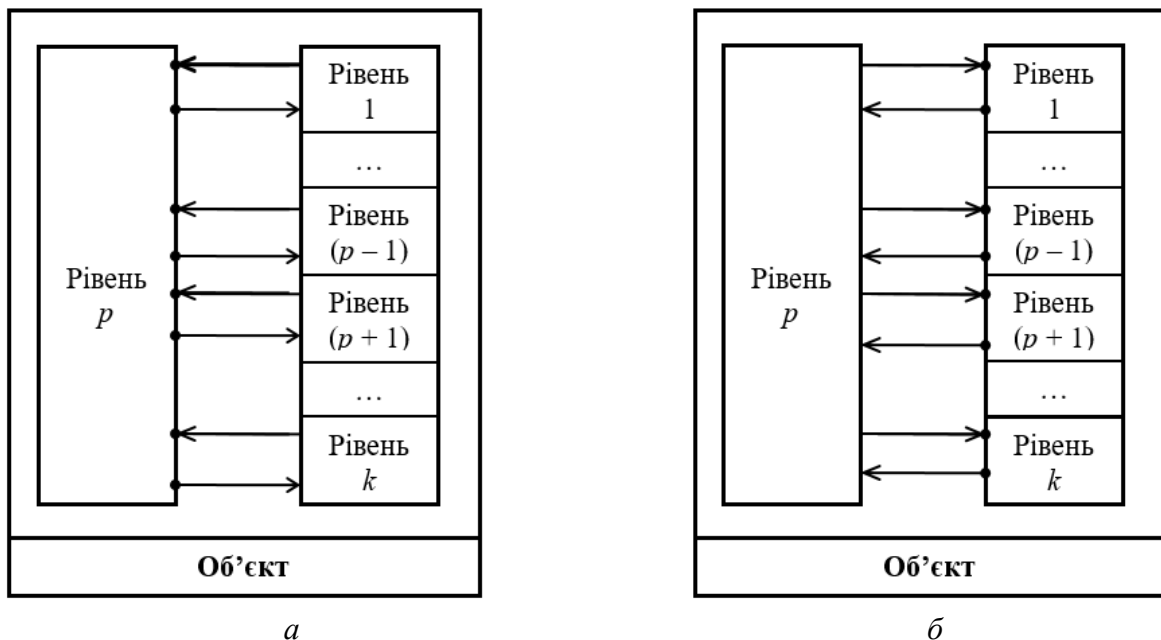


Рис. Схема формування рівневого (а) та позарівневого (б) абсолютного сальдо об'єкта щодо ознаки, вимірюваної в його рухомих одиниць, вибулих із рівня або прибулих на рівень (вимірюваний у них рівень відмічений крапкою на кінці стрілки, яка вказує напрям руху)

Загальне абсолютне сальдо об'єкта можна виразити через значення $\Delta L_{(p)}$ поза p -рівневого абсолютного сальдо:

$$\Delta L = \sum_{p=1}^k \Delta L_{(p)} = L_1 - L_0. \quad (8)$$

На відміну від абсолютного рівневого (позарівневого) сальдо об'єкта, в обчисленні якого беруть участь сукупні значення ознаки, вимірюваної в обох станах у його одиниць, представлених на тому ж самому опорному рівні (поза ним), абсолютний показник координатності рівневої структури об'єкта характеризує на скільки відрізняється сукупне значення ознаки, вимірюване в його одиниць на тому чи іншому рівні p (поза ним), від сукупного значення ознаки, вимірюваного в його одиниць на будь-якому іншому рівні m (поза ним),

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

однак обидві порівнювані між собою величини представляють той же самий стан об'єкта, «до» ($s = 0$) або «після» ($s = 1$), в рівневих і в позарівневих значеннях ознаки відповідно:

$$\Delta L_{\langle p \rangle s} = L_{ps} - L_{ms} = N_{ps}l_p - N_{ms}l_m; \quad (9)$$

$$\Delta L_{\langle p \rangle s} = L_{\langle p \rangle s} - L_{\langle m \rangle s} = \begin{cases} \sum_{i=1}^k (n_{ip} - n_{im})l_i, & \text{якщо } s = 0, \\ \sum_{j=1}^k (n_{pj} - n_{mj})l_j, & \text{якщо } s = 1. \end{cases} \quad (10)$$

Граничні значення даних показників такі ж самі – $\pm Nk$.

Тепер розглянемо відносні показники в агрегатній формі.

Агрегований коефіцієнт рівневої структури об'єкта у його стані «до» (Ω_{i0} і $\Omega_{\langle j \rangle 0}$) і «після» (Ω_{j1} і $\Omega_{\langle i \rangle 1}$):

$$\begin{cases} \Omega_{i0} = \frac{L_{i0}}{L_0} = \frac{L_{i0}}{\sum_{i=1}^k L_{i0}} = \frac{N_{i0}l_i}{\sum_{i=1}^k N_{i0}l_i} = \frac{\sum_{j=1}^k n_{ij}l_i}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k n_{ij}l_i}, & (1) \\ \Omega_{\langle j \rangle 0} = \frac{L_{\langle j \rangle 0}}{L_0} = \frac{L_{\langle j \rangle 0}}{\sum_{j=1}^k L_{\langle j \rangle 0}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ij}l_i}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^k n_{ij}l_i}; & (2) \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} \Omega_{j1} = \frac{L_{j1}}{L_1} = \frac{L_{j1}}{\sum_{j=1}^k L_{j1}} = \frac{N_{j1}l_j}{\sum_{j=1}^k N_{j1}l_j} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ij}l_j}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^k n_{ij}l_j}, & (1) \\ \Omega_{\langle i \rangle 1} = \frac{L_{\langle i \rangle 1}}{L_1} = \frac{L_{\langle i \rangle 1}}{\sum_{i=1}^k L_{\langle i \rangle 1}} = \frac{\sum_{j=1}^k n_{ij}l_j}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k n_{ij}l_j}. & (2) \end{cases} \quad (12)$$

Він набуває значень в межах від 0, якщо відповідний рівень не містить жодної одиниці, до 1, коли всі N одиниць об'єкта вибувають з його i -го рівня або прибувають на його j -й рівень, і характеризує питому вагу спільного значення ознаки, вимірюваної в N_{i0} або N_{j1} одиниць об'єкта в його стані «до» (система рівнянь (11)), й у них же, але у стані об'єкта «після» (система рівнянь (12)), в обсязі загального значенні ознаки, вимірюваної в N одиниць об'єкта в тому ж самому його стані. Відповідно до умови нормування $\sum_i \Omega_{i0} \equiv \sum_j \Omega_{j1} \equiv 1$ і $\sum_i \Omega_{\langle j \rangle 0} \equiv \sum_j \Omega_{\langle i \rangle 1} \equiv 1$.

До відносних агрегованих показників зміни рівневої структури (показники динаміки) належать *рівневі та загальні темп зростання і темп приросту*.

Рівневі темпи зростання визначаються в рівневих та в позарівневих значеннях ознаки як співвідношення значення одного з агрегатів L_{p1} і $L_{\langle p \rangle 1}$, представлених у стані об'єкта «після» на рівні p та поза ним відповідно (див. вирази (1) і (2) системи рівнянь (2)), та значення відповідного агрегату L_{p0} і $L_{\langle p \rangle 0}$, представленого у стані об'єкта «до» (див. вирази (1) і (2) системи рівнянь (1)):

$$T_{zp} = L_{p1} : L_{p0} = N_{p1}l_p : N_{p0}l_p = N_{p1} : N_{p0}, \quad (13)$$

$$T_{z\langle p \rangle} = L_{\langle p \rangle 1} : L_{\langle p \rangle 0} = \sum_{j=1}^k n_{pj}l_j : \sum_{i=1}^k n_{ip}l_i. \quad (14)$$

Завдяки скороченню величини l_p в чисельнику та знаменнику дробу (13), значення даного показника є тим же самим, що й значення темпів зростання T_{zp} рівневої чисельності одиниць об'єкта. З тієї ж самої причини можна говорити про повну аналогію агрегованого та неагрегованого рівневих темпів приросту, виражених в рівневих значеннях ознаки як співвідношення значення ΔL_p рівневого абсолютного сальдо об'єкта, визначеного відповідно до формули (5), та сукупного значення L_{p0} ознаки, вимірюваного в одиниць об'єкта на рівні p у стані «до» (див. вираз (1) системи рівнянь (1)):

$$T_{np} (\%) = \Delta L_p : L_{p0} \cdot 100 = \Delta N_p : N_{p0} \cdot 100, \quad (15)$$

що не властиво для його позарівневого аналога, який визначається як співвідношення значення $\Delta L_{\langle p \rangle}$ рівневого абсолютного сальдо об'єкта, обчисленого відповідно до формули (7) та сукупного значення $L_{\langle p \rangle 0}$ ознаки, вимірюваного в одиниць об'єкта поза рівня p у стані «до» (див. вираз (2) системи рівнянь (1)):

$$T_{n\langle p \rangle} = \Delta L_{\langle p \rangle} : L_{\langle p \rangle 0} = (L_{\langle p \rangle 1} - L_{\langle p \rangle 0}) : L_{\langle p \rangle 0} \equiv (\sum_{j=1}^k n_{pj}l_j - \sum_{i=1}^k n_{ip}l_i) : \sum_{i=1}^k n_{ip}l_i \quad (16)$$

Щодо загальних показників, вони визначаються в наступний спосіб:

$$T_3 = L_1 : L_0 \quad (17)$$

$$i \quad T_{\Pi} = \Delta L : L_0 \cdot 100, \quad (18)$$

де T_3 – темп зростання – співвідношення зведених агрегатів L_1 і L_0 , що представляють сукупне значення ознаки, вимірюване в усіх одиниць об'єкта у станах «після» і «до» відповідно; T_{Π} – темп приросту – співвідношення значення ΔL загального абсолютного сальдо об'єкта, визначеного в один із способів (6) або (8), та сукупного значення L_0 ознаки, вимірюваного у всіх одиниць об'єкта у стані «до» (див. відповідні вирази (1) і (2) системи рівнянь (3)):

Ці відносні показники характеризують зміни, що відбуваються з сукупним значенням ознаки, вимірюваної в одиниць об'єкта на опорному рівні або поза ним (рівневі показники), а також у всіх одиниць об'єкта на будь-якому рівні або поза ним (загальні показники), у стані об'єкта «після» в порівнянні зі станом «до»: у скільки разів (темп зростання) або на скільки процентів (темп приросту) воно збільшується або зменшується.

Щодо відносних показників координації рівневої структури об'єкта, вони визначаються діленням одна на іншу тих же самих величин, з яких складаються їх абсолютні аналоги, і характеризують у скільки разів одна з них більша або менша за іншу:

$$\hat{C}_{\frac{p}{m}s} = L_{ps} : L_{ms} = (N_{ps} l_p) : (N_{ms} l_m); \quad (19)$$

$$\hat{C}_{\langle \frac{p}{m} \rangle s} = L_{\langle p \rangle s} : L_{\langle m \rangle s} = \begin{cases} \sum_{i=1}^k n_{ip} l_i : \sum_{i=1}^k n_{im} l_i, & \text{якщо } s = 0, \\ \sum_{j=1}^k n_{pj} l_j : \sum_{j=1}^k n_{mj} l_j, & \text{якщо } s = 1. \end{cases} \quad (20)$$

Їх мінімальне значення дорівнює нулю, якщо на рівні, який представлений чисельником коефіцієнта, немає жодної одиниці об'єкта, а на рівні, який представлений знаменником коефіцієнта, спостерігається хоча б одна одиниця. Їх максимальне значення дорівнює $(N - 1)k$, якщо чисельник і знаменник коефіцієнта представлений $(N - 1)$ -ю одиницею об'єкта на k -му рівні й однією одиницею на 1-му рівні відповідно.

Наприкінці розглянемо середні показники рівневої структури об'єкта й її зміни в агрегатній формі (табл.). Усі вони являють собою середнє арифметичне. Сформуємо їх в рівневих і в позарівневих значеннях ознаки, скориставшись виразами (1)-(8), а також відповідними неагрегованими показниками рівневої структури об'єкта та її зміни. Результати розмістимо в таблиці у вигляді відповідних рівнянь з поясненням змісту шуканих показників.

Щодо принципів формування даних показників, сформулюємо їх відповідно до видових категорій останніх, коментуючи їх лише в контексті тих форм, що є визначальними (перші рівності у виразах) для кожної такої категорії. Дані показники можуть бути рівневими та загальними.

Спочатку охарактеризуємо середні показники рівневої структури об'єкта. Той чи інший рівневий показник визначається як частка від ділення таких величин: у чисельнику – абсолютне значення ознаки L_{i0} або L_{j1} , вимірюваної відповідно на рівні i в N_{i0} одиниць об'єкта в стані «до» або на рівні j в N_{j1} його одиниць у стані «після» (у рівневих значеннях ознаки; в табл. 1 ліворуч), крім того, $L_{\langle j \rangle 0}$ або $L_{\langle i \rangle 1}$, вимірюваної на будь-якому рівні відповідно в N_{j1} одиниць об'єкта у стані «до» або в N_{i0} його одиниць у стані «після» (в позарівневих значеннях ознаки; в табл. праворуч); в знаменнику – відповідна рівнева чисельність одиниць об'єкта, - і тоді він являє собою середнє арифметичне рівневе значення ознаки (\bar{L}_{i0} або \bar{L}_{j1} і $\bar{L}_{\langle j \rangle 0}$ або $\bar{L}_{\langle i \rangle 1}$), вимірюваної у одиниць об'єкта в одному з його станів. Загальні показники \bar{L}_0 і \bar{L}_1 теж обчислюються як середнє арифметичне: діленням значень ознаки L_0 і L_1 , вимірюваної у N одиниць об'єкта на будь-якому рівні в стані «до» або у стані «після» відповідно (в таблиці: ліворуч – у рівневих значеннях ознаки; праворуч – у позарівневих значеннях ознаки), на загальну чисельність (N) одиниць об'єкта.

Таблиця

Середні показники рівневої структури об'єкта й її зміни

№ з/п	Формула	Назва / характеристика: спільне значення ознаки, вимірюваної ... / приклад		Формула
		У рівневих значеннях ознаки (1)		
1. Рівневої структури				
<i>Рівневі (i = 1, 2, ..., k; j = 1, 2, ..., k)</i>				
Середнє значення ознаки, вимірюваної в одиниць об'єкта у стані «до»				
1.1.1.	$\bar{L}_{i0} = \frac{L_{i0}}{N_{i0}} = l_i$ (1) (21)	... на рівні i в N _{i0} одиниць об'єкта в стані «до», що рівною мірою припадає на кожну з них	... на будь-якому відповідному рівні в N _{j1} одиниць об'єкта в стані «до», що рівною мірою припадає на кожну з них	$\bar{L}_{(j)0} = \frac{L_{(j)0}}{N_{j1}}$ (2) (21)
Середнє значення ознаки, вимірюваної в одиниць об'єкта у стані «після»				
1.1.2.	$\bar{L}_{j1} = \frac{L_{j1}}{N_{j1}} = l_j$ (1) (22)	... на рівні j в N _{j1} одиниць об'єкта в стані «після», що рівною мірою припадає на кожну з них	... на будь-якому відповідному рівні в N _{i0} одиниць об'єкта в стані «після», що рівною мірою припадає на кожну з них	$\bar{L}_{(i)1} = \frac{L_{(i)1}}{N_{i0}}$ (2) (22)
<i>Загальні (i = 1, 2, ..., k; j = 1, 2, ..., k)</i>				
Середнє значення ознаки, вимірюваної в одиниць об'єкта в стані «до»				
1.2.1.	$\bar{L}_0 = \frac{L_0}{N}$ (1) (23)	... на будь-якому відповідному рівні в N одиниць об'єкта в стані «до», що рівною мірою припадає на кожну з них		$\bar{L}_0 = \frac{L_0}{N}$ (2) (23)
Середнє значення ознаки, вимірюваної в одиниць об'єкта у стані «після»				
1.2.2.	$\bar{L}_1 = \frac{L_1}{N}$ (1) (24)	... на будь-якому відповідному рівні в N одиниць об'єкта в стані «після», що рівною мірою припадає на кожну з них		$\bar{L}_1 = \frac{L_1}{N}$ (2) (24)
Зміни рівневої структури, рівневі (p = 1, 2, ..., k; i = 1, 2, ..., k; j = 1, 2, ..., k)				
Середні втрати або поповнення об'єкта щодо ознаки, вимірюваної в його одиниць				
2.	$\bar{\Delta L}_p = \frac{\Delta L_p}{ \Delta N_p }$ (25)	... розмір втрат (поповнення) об'єкта щодо ознаки, вимірюваної у його одиниць на рівні p у стані «після» в порівнянні зі станом «до», який рівною мірою припадає на кожну одиницю зміни чисельності останніх	... розмір втрат (поповнення) об'єкта щодо ознаки, вимірюваної у його одиниць поза рівня p у стані «після» в порівнянні зі станом «до», який рівною мірою припадає на кожну одиницю зміни чисельності останніх	$\bar{\Delta L}_{(p)} = \frac{\Delta L_{(p)}}{ \Delta N_{(p)} }$ (26)

Щодо значень середніх рівневих показників, виражених у рівневих значеннях ознаки, безумовно, кожне з них, незалежно від стану об'єкта, збігається зі значенням самого рівня. Ті показники, які представляють одиниці об'єкта поза опорного рівня, набувають таких значень, що можуть коливатися в межах від мінімального до максимального рівневого значення ознаки, вимірюваної у цих одиниць. Діапазон значень середніх загальних показників такий самий, що й в останньому випадку, незалежно від способу їх обчислення.

Тепер охарактеризуємо середній показник зміни рівневої структури об'єкта. Він єдиний і визначається діленням значення рівневого абсолютного сальдо об'єкта, вираженого відповідно до рівнянь (5) і (7) в p -рівневих або в поза p -рівневих значеннях ознаки, на абсолютне значення приросту чисельності одиниць об'єкта відповідно на опорному рівні p або поза ним, і тоді він характеризується як середні втрати (поповнення) об'єкта щодо ознаки, вимірюваної у цих його одиниць. Якщо цей показник виражений в p -рівневих значеннях ознаки, то, безумовно, втрата кожної одиниці (поповнення кожною одиницею) об'єкта на тому чи іншому опорному рівні p призводить теж до втрат (поповнення) об'єкта, причому таких, що в середньому дорівнюють значенню ознаки, вимірюваної у цієї одиниці на рівні p . Така особливість не властива для його поза p -рівневого аналога, тому що поза опорного рівня p зміна чисельності одиниць об'єкта та зміна сукупного значення вимірюваної в них ознаки не завжди відбуваються в один і той же самий бік, у бік втрат чи в бік поповнення. Насамперед, характер зміни, що висвітлюється шуканим показником і осередненою величиною, має залишатися тим же самим, а тому знаменник в обох виразах (25) і (26) обов'язково представляється як модуль числа. Щодо абсолютної величини поза p -рівневого показника, вона може набувати будь-якого скінченного значення.

Відповідні один одному середні показники рівневої структури об'єкта, як рівневі, так і загальні, можна порівнювати між собою, тим самим визначаючи або абсолютний приріст, або темпи зростання (приросту) середнього значення ознаки, представленого на опорному рівні p або поза ним (рівневі показники), а також на будь-якому рівні або поза будь-якого рівня (загальні показники). Спосіб їх обчислення аналогічний. Враховуючи згадану раніше особливість середніх рівневих показників, виражених в обох станах об'єкта в p -рівневих значеннях ознаки, можна стверджувати, що абсолютний та відносний приріст середнього p -рівневого значення ознаки завжди дорівнює нулю, чого не можна сказати про їх позарівневі аналоги, від'ємні та додатні значення яких свідчать відповідно про скорочення та про збільшення сукупного значення ознаки, вимірюваної у одиниць об'єкта поза рівня p у стані «після» в порівнянні зі станом «до», такого що рівною мірою припадає на кожну з цих одиниць. Якщо приріст дорівнює нулю, це означає, що внаслідок міжрівневого заміщення одиниць об'єкта поза рівня p скорочення або збільшення їх чисельності призводить до пропорційного скорочення або збільшення сукупного значення ознаки відповідно. Якщо зміни чисельності одиниць об'єкта поза рівня p не відбувається, то приріст сукупного значення ознаки в жодному випадку не дорівнює нулю, що автоматично дає певне ненульове значення приросту середнього показника.

Висновки відповідно до статті. Завдяки моделі міжрівневого балансу, синтезованій раніше в агрегатній формі, вдалося сформулювати категорію агрегованих показників рівневої структури об'єкта, її зміни та координації. Вони разом з показниками структури, інтенсивності та координації руху, а також балансними показниками пересування, які є предметом подальшого розв'язання даної проблеми, забезпечують всебічну оцінку наслідків і ефективності керуючого впливу на структурований об'єкт. Використання подібних показників може бути корисним в будь-якій галузі знань при розв'язанні широкого кола задач, наприклад, в оцінці ефективності процесів в інформаційних системах зі структурованим середовищем зберігання, обробки та передачі даних, в аналізі ресурсних витрат для забезпечення експлуатаційної надійності технічних пристроїв тощо.

Список використаних джерел

1. Терехов Л. Л. Экономико-математические методы. Москва: Статистика, 1968. 360 с.
2. Статистика: підручник / за наук. ред. д-ра екон. наук С. С. Герасименка. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: КНЕУ, 2000. 467 с.
3. Вашків П. Г., Пастер П. І., Сторожук В. П., Ткач Є. І. Теорія статистики: навчальний посібник. Київ: Либідь, 2001. 320 с.
4. Захожай В. Б., Попов І. І. Статистика: підручник для студ. вищ. навч. закл. Київ: МАУП, 2006. 536 с.
5. Орлов А. И. Прикладная статистика: учебник. Москва: Экзамен, 2006. 671 с.
6. Шмойлова Р. А., Минашкин В. Г., Садовникова Н. А., Шувалова Е. Б. Теория статистики: учебник / под ред. Р. А. Шмойловой. 5-е изд. Москва: Финансы и статистика, 2007. 656 с.
7. Ткач Є. І., Сторожук В. П. Загальна теорія статистики: підручник для студ. вищ. навч. закл. 3-тє вид. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 442 с.
8. Ковалевський Г. В. Статистика: учебник. Харків: ХНАГХ, 2012. 445 с.
9. Логунова Н. А. Статистика II: підручник. Київ: Кондор-Видавництво, 2015. 340 с.
10. Дубягін О. Б. Модель міжрівневого балансу: агрегатна форма. *Технічні науки та технології*: науковий журнал. 2018. № 3 (13). С. 96–104.

References

1. Terekhov, L. L. (1968). *Ekonomiko-matematicheskie metody [Economic and mathematical methods]*. Moscow: Statistika [in Russian].
2. Herasymenko, S. S. (Ed.). (2000). *Statystyka [Statistics]*. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
3. Vashkiv, P. H., Paster, P. I., Storozhuk, V. P., Tkach, Ye. I. (2001). *Teoriia statystyky [Statistics Theory]*. Kiev: Lybid [in Ukrainian].
4. Zakhzhai, V. B., Popov, I. I. (2006). *Statystyka [Statistics]*. Kyiv: MAUP [in Ukrainian].
5. Orlov, A. Y. (2006). *Prykladnaia statystyka [Applied statistics]*. Moscow: Ekzamen [in Russian].
6. Shmoilova, R. A. (Ed.). (2007). *Teoriia statistiki [Theory of Statistics]*. Moscow: Finansy i statistika [in Russian].
7. Tkach, Ye. I., Storozhuk, V. P. (2009). *Zahalna teoriia statystyky [General theory of statistics]*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian].
8. Kovalevskii, G. V. (2012). *Statistika [Statistics]*. Kharkiv: KhNAGKh [in Ukrainian].
9. Lohunova, N. A. (2015). *Statystyka II [Statistics II]*. Kyiv: Kondor-Vydavnytstvo [in Ukrainian].
10. Dubyahin, O. B. (2018). *Model mizhrivnevoho balansu: ahrehatna forma [Inter-level balance model: aggregate form]*. Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].

UDC 311+512

*Alexander Dubyagin, Volodymyr Guryev, Irina Firsova***INTER-LEVEL BALANCE: INDICATORS OF THE OBJECT'S LEVEL STRUCTURE, ITS CHANGES AND COORDINATION – THE AGGREGATE FORM**

Urgency of the research. Indicators of the object's level structure, its changes and coordination, as one of the specific categories of the inter-level balance's indicators, provide a comprehensive quantitative assessment of the managed object's structure, its structural shifts, losses and replenishment based on the attribute measured in its units in the ratio scale.

Target setting. The corresponding inter-level balance indicators, presented previously through the unweighted (non-aggregated) components of the latter, do not represent a possible assessment.

Actual scientific researches and issues analysis. The calculation of non-aggregated indicators of the object's level structure, its changes and coordination is carried out through the values of the number of movable and immovable object units.

Uninvestigated parts of general matters defining. Evaluation of the effects of a control action on a structured object that is performed in the values of the measured attribute and is explained by the inter-level movement of units of this object.

The research objective. To formulate the indicators of the object's level structure, its changes and coordination in the system of inter-level balance's indices by formulating rules for calculating them in aggregate form.

The statement of basic materials. The aggregate form of the inter-level balance model is based on such components of the balance as level replenishment (losses) of the object, which explains the effects of the control action on the object at different levels of their systematization in the model. The result of such systematization is the system of aggregated balance indicators, among which the level structure of the object, its changes and coordination determine the level structure, evaluate the structural shifts and compare the components of the level structure of the object through the aggregate values of the attribute measured at its units at one level or another. The investigated indicators are formulated as absolute, relative and average values.

Conclusions. *The proposed inter-level balance's indicators are important for assessing the impact and effectiveness of the control effect on a structured object.*

Keywords: *aggregated components; managed object; inter-level balance; dynamics and coordination indicators; level structure.*

Table: 1. Fig.: 1. References: 10.

Дубягін Олександр Борисович – кандидат технічних наук, доцент, м. Чернігів, Україна.

Dubyagin Alexander – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv, Ukraine.

E-mail: aleksandrdubagin@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9512-242X>

ResearcherID: G-9774-2014

Гур'єв Володимир Іванович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри кібербезпеки та математичного моделювання, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Guryev Volodymyr – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Professor of CyberSecurity and Mathematical Simulation Department, Chernigov National University of Technology (95 Shevchenko str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: guryev54@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9507-5408>

ResearcherID: G-9807-2016

Фірсова Ірина Валеріївна – старший викладач кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Firsova Irina – Senior Lecturer of Information and Computer Systems Department, Chernigov National University of Technology (95 Shevchenko str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: I.firsova@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1126-1516>

ResearcherID: R-4243-2016

Илья Филимонов, Анатолий Ревко, Игорь Лысенко

СПОСОБЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАТФОРМЫ В ПРОСТРАНСТВЕ

Актуальность темы исследований. *Существование необходимости повышения точности исследования местности, в том числе на труднодоступных участках актуализирует направление поиска новых способов автоматической локализации для постановки задачи роботу о сборе окружающей его информации для собственной локализации и построении карты окружения.*

Постановка проблемы. *Существующие методы определения местоположения движущейся платформы в пространстве имеют существенную погрешность, которая является недопустимой для использования в устройствах, рассчитанных на управление без участия человека.*

Анализ последних исследований и публикаций. *Тенденции исследований показывают удовлетворительные результаты внедрения новых алгоритмов на базе нейронных сетей, но большинство решений рассчитаны на крупногабаритные движущиеся платформы, тогда как для малых платформ, например, БПЛА, решений недостаточно.*

Выделение неисследованных частей общей проблемы. *Работы по теме автоматического определения местоположения движущейся платформы, часто демонстрируют результаты экспериментов, проведенных в лабораторных условиях. Возникает вопрос, как будет вести себя система при испытаниях в реальных условиях.*

Постановка задачи. *Предполагается реализовать систему автоматического передвижения платформы на основе современных аппаратных средств и алгоритмов локализации.*

Изложение основного материала. *Рассмотрены общие сведения для методов локализации и картографирования SLAM, представлен общий алгоритм работы методов SLAM и их математическое представление. Описаны датчики, которые используются в задачах локализации и представлены два основных метода SLAM с подробным описанием. Были представлены результаты моделирования метода ORB-SLAM2.*

Выводы в соответствии со статьей. *В работе был выполнен обзор способов локализации движущейся платформы в пространстве и рассмотрен алгоритм работы методов SLAM. Представлены особенности SLAM методов и перспективы их развития.*

Ключевые слова: локализация; картографирование; методы SLAM.

Рис.: 4. Библ.: 10.

Актуальность темы исследований. В настоящее время актуально развитие направления автоматической локализации, так как существует необходимость исследования местности или других труднодоступных участков, где известные способы локализации не могут справиться. Это двигает направление развития робототехники, которое нацелено на решение создания полного автономного устройства. Предполагается, что роботы полностью заменят человека и будут выполнять задачи, которые являются трудными и опасными для жизни и здоровья людей. Примером такой задачи является исследование неизвестной местности. Для этого роботу необходимо локализовать себя в пространстве, построив карту окружения.

Постановка проблемы. Точность существующих методов определения местоположения движущейся платформы в пространстве имеет существенную погрешность, которая не позволяет реализовать автоматическое перемещение без участия человека.

Анализ последних исследований и публикаций. Последние исследования показывают внедрение новых алгоритмов на базе нейронных сетей, которые показывают удовлетворительные результаты, но большинство решений предложены для крупногабаритных движущихся платформ, тогда как для малых платформ, на пример БПЛА, решений мало.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Работы, которые относятся к теме автоматического определения местоположения движущейся платформы, часто подают результаты экспериментов, проведенных в лабораторных условиях, что не дает возможности достоверно определить, как поведут себя предложенные методы в реальных условиях. Можно предположить, что точность локализации может быть значительно ниже той, что описана в данных работах.

Постановка задачи. Предполагается реализовать систему автоматического передвижения платформы на основе современных аппаратных средств и алгоритмов локализации.

Изложение основного материала. Основной проблемой локализации является сопоставление реальной системы координат с системой, рассчитанной устройством [1].

Для вычисления позы робота, используются устройства сбора внешней информации, которые имеют свою погрешность. Так как при локализации часто используется набор таких устройств, ошибка накапливается с каждого датчика, что приводит к существенному отклонению при определении положения объекта.

Для решения задачи локализации было предложено много способов и одним из них является создание методов SLAM.

SLAM (*simultaneous localization and mapping*) – метод, который определяет свое местоположение и местоположение объектов, которые находятся в поле зрения системы и выстраивает карту с расположением всех объектов [2].

Следуя изложенному материалу [2] и обобщая его, алгоритмы SLAM проводятся в несколько этапов:

1. Показания одометрии и прогнозирование местоположения. Вначале проводится сбор данных для определения положения движущейся платформы. С помощью датчиков положения проводится ориентация объекта и с помощью одометра или аналогичных датчиков измеряется пройденное расстояние с момента последнего положения робота для оценки его направления и нанесения пройденного пути на карту.

2. Показания датчиков и взаимосвязь данных. На этом этапе используются визуальные датчики для нахождения ориентиров. Полученные ориентиры сравниваются с теми, которые были получены на прошлой итерации для определения своего местоположения.

3. Коррекция местоположения. После сбора информации о местоположении с помощью одометрии или модели движения и с помощью визуальных данных или оценки наблюдения, эти данные объединяются для коррекции положения робота и обновления карты окружающей среды.

4. Добавление новых ориентиров. В заключение на карту добавляются новые ориентиры.

Исходя из вышеописанных этапов, для определения местоположения робота и построения карты необходимо иметь информацию об окружающей среде. Для этого используют различные типы датчиков, таких как радары, лидары, камеры, системы глобального позиционирования и т. д. Каждый тип датчиков имеет свои преимущества и недостатки [3-4].

Лазерные дальномеры. Лазерные дальномеры имеют хорошую точность определения расстояния до объекта и высокую скорость обработки данных. За счет этих качеств, лазерные дальномеры очень хорошо подходят для применения в системах с использованием SLAM. Однако их недостатком является отсутствие препятствий, что не позволяет использовать их на открытой местности, например в поле.

Радары. Преимуществом радарных датчиков является их невысокая стоимость, независимость от погодных условий и низкие требования по времени вычисления. В тоже время недостатками таких датчиков является низкая угловая точность, по сравнению с лазерными дальномерами.

Ультразвуковые датчики. Ультразвуковые датчики представляют собой самый дешевый класс датчиков, предназначенный для определения окружающей среды. Преимуществами данных датчиков является то, что они могут работать с многими типами поверхностей, как металлических, так и не металлических. Однако из-за низкого пространственного разрешения, низкого диапазона чувствительности и низкой скорости отклика, ультразвуковые датчики редко применяются как основной вид датчиков в системах с использованием SLAM.

Камеры. Визуальные датчики могут использоваться для оценки трехмерной структуры (позволяющей извлекать пространственную информацию), местоположения объектов и позы робота с использованием монокулярных, стереокамер или камер глубины. Преимуществом данных типов датчиков является большой объем охватываемой информации и относительно низкая стоимость, однако недостатком является повышенная вы-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

числительная стоимость и необходимость в более сложных алгоритмах для извлечения и обработки визуальной информации. Визуальный SLAM обычно извлекает особые точки (ключевые точки) из изображений с камеры, используя дескрипторы, такие как масштабно-инвариантное преобразование объектов (SIFT). Данные точки имеют больше отличительной информации, чем обычная информация о геометрии различных объектов.

Монокулярные камеры. Преимуществом данных камер является то, что за счет использования только одной камеры снижаются стоимость конечного продукта, а также уменьшаются его габариты. На данный момент SLAM с использованием монокулярных камер хорошо себя зарекомендовал. Одной из областей применения является использование SLAM технологии для создания систем дополненной реальности с помощью камеры на мобильном телефоне. Недостатками использования монокулярных камер является отсутствие информации о глубине, масштабе, а также расстоянии до объектов, что приводит к усложнению алгоритмов и программного обеспечения.

Стереокamеры. Системы стереозрения создают трехмерную информацию из двух или более двумерных изображений. Изображения могут быть получены из нескольких источников, например, двух камер, расположенных в определенном относительном положении, или одной движущейся камеры с серводвигателем или другим вращающимся приводом, или даже одной стереокамеры, которая состоит, как минимум, из двух оптических линз. С помощью таких камер можно получить особую информацию в виде глубины изображения.

Камеры глубины. Камеры глубины RGB-D проецируют структурированный инфракрасный свет, который затем воспринимается небольшой базовой инфракрасной камерой. Преимущества камер глубины заключается в том, что данные камеры способны восстанавливать трехмерную структуру окружения и двумерные изображения одновременно, а канал глубины практически не зависит от окружающего освещения. Недостатками таких камер является то, что они плохо воспринимают геометрию объектов, ограничены при работе под прямыми солнечными лучами, не обеспечивают надежных данных о дальности для полупрозрачных или сильно отражающих поверхностей и имеют ограниченный эффективный диапазон.

GPS. Применение систем глобального позиционирования имеет ряд преимуществ в виде простоты применения и большого охвата сканирования. Но низкая точность определения координат, влияние погодных условий и отсутствие возможности определять положения в помещении не позволяет использовать GPS как основной тип устройства определения положения в пространстве.

Как было сказано ранее, ошибка локализации связана с накоплением ошибок при сборе и обработке данных различными датчиками. Для уменьшения ошибки локализации в методах SLAM определяется вероятность расположения робота и ориентиров [5]. Для вычисления вероятности используют функцию распределения вероятности, которая описана ниже:

$$P(x_k, m | Z_{0:k}, U_{0:k}, x_0), \quad (1)$$

где P – функция распределения вероятности; x_k – поза робота; $m = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ – набор позиций всех ориентиров (предполагается, что они не зависят от времени); $Z_{0:k} = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$ – набор всех видимых ориентиров; $U_{0:k} = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$ – журнал значений управляющих входов (значения, полученные с датчиков одометрии); x_0 – начальная поза робота.

Функция (1) описывает распределение вероятности общей плотности местоположения всех ориентиров и позу «главного» устройства в момент времени k с учетом всех прошлых наблюдений, данных полученных с датчиков и начальной позы «робота». Отсюда следует, что позиция робота в данный момент и позиция всех ориентиров не мо-

жет быть точно определена, поэтому SLAM вычисляет вероятность того, где робот и ориентиры могут находиться.

Из уравнения (1) видно, что оценка вероятности зависит от двух моделей. Первая модель использует устройства одометрии, которые являются управляющими входами $U_{0:k}$, что позволяет вначале оценить положение робота.

$$P(x_k | x_{k-1}, u_k), \quad (2)$$

где x_{k-1} – последняя поза робота.

Вторая модель использует данные, полученные с визуальных типов датчиков.

$$P(z_k | x_k, m). \quad (3)$$

Основываясь на этих двух моделях, можно решить проблему, представленную в (1). Сначала представляем обновление по времени (предположение). Основываясь на модели движения (2) и оценки предыдущего значения вероятности, получим:

$$P(x_k, m | Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_0) = \int P(x_k | x_{k-1}, u_k) \cdot P(x_{k-1}, m | Z_{0:k-1}, U_{0:k-1}, x_0) dx. \quad (4)$$

Следующий шаг предсказывает вероятность расположения новых ориентиров, используя модель наблюдения (3):

$$P(x_k, m | Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_0) = \frac{P(z_k | x_k, m) P(x_k, m | Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_0)}{P(z_k | Z_{0:k-1}, U_{0:k})}. \quad (5)$$

В настоящее время основная тенденция направлена на использование камер как основных типов датчиков по сбору внешней информации. Для этого разрабатываются специальные алгоритмы, которые входят в группу визуального SLAM. Принцип работы большинства методов визуального SLAM основан на выделении особых точек каждого кадра и использования полученной информации для построения карты, а также оценивании местоположений позы камеры и других объектов.

Построение карты с помощью визуального SLAM делится на два типа: разреженное и плотное. Разреженное построение карты или построение карты, основанное на особых точках, выполняется за счет отбора определенных ключевых точек, удовлетворяющих требованиям из всего множества точек, найденных на каждом кадре. В связи с этим построенная карта выглядит разреженной, состоящей из силуэтов объектов. Такой метод построения карты в основном используется для определения положения камеры и за счет малого количества точек имеет более высокую скорость вычислений и построения карты. Одним из представителей данного метода является метод ORB-SLAM [6-7] (рис. 1).

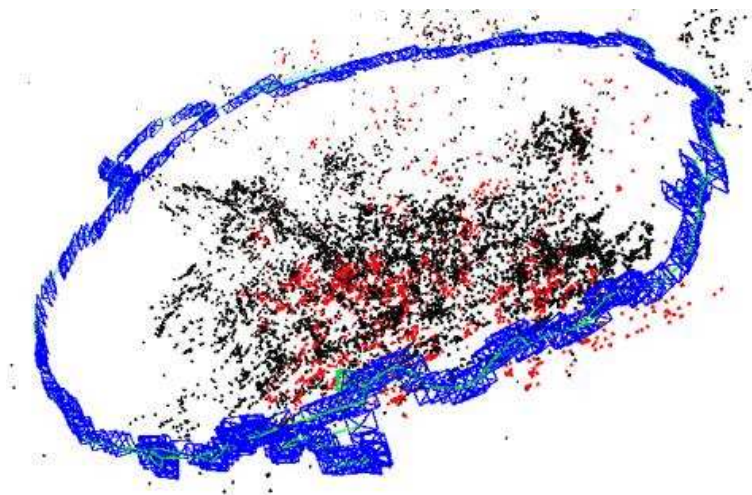


Рис. 1. Пример разреженной карты (ORB-SLAM)

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Плотное построение карты наоборот отображает все найденные особые точки на карте за счет чего получают более детализированную карту местности. Недостатком этого метода является необходимость в более мощных вычислительных средствах. Метод LSD-SLAM как раз позволяет построить плотную карту (рис. 2) [8].

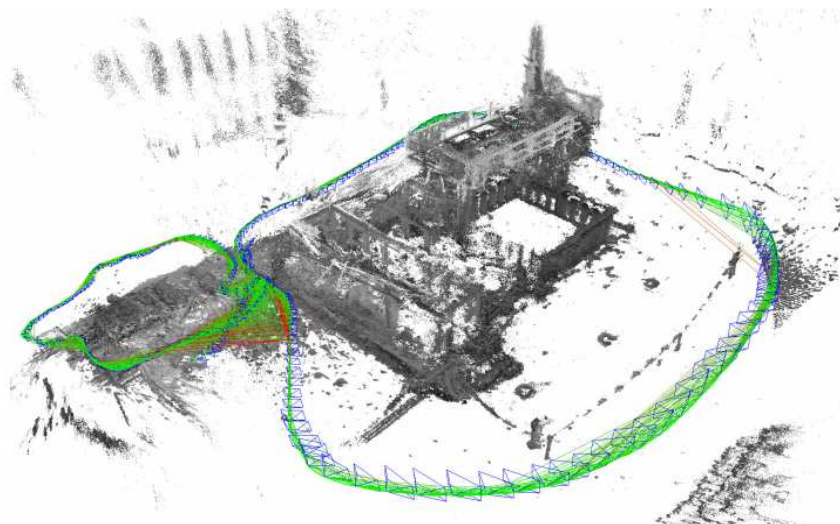


Рис. 2. Пример плотной карты (LSD-SLAM)

Последним этапом для завершения картирования и определения местоположения движущейся платформы является замыкание цикла. Замыкание цикла предполагает собой повторное посещение пройденных мест для уменьшения накопленной ошибки. За счет повторного посещения добавляются новые ориентиры и уточняются уже имеющиеся.

При замыкании цикла существует две проблемы: ложноположительное определение, когда два разных места воспринимаются как одно и то же, и ложноотрицательное определение, когда одно место воспринимается как два разных места.

На рис. 3-4 представлены результаты моделирования метода ORB-SLAM2 в реальных условиях.



Рис. 3. Один из кадров с выделенными особыми точками, которые наносятся на карту

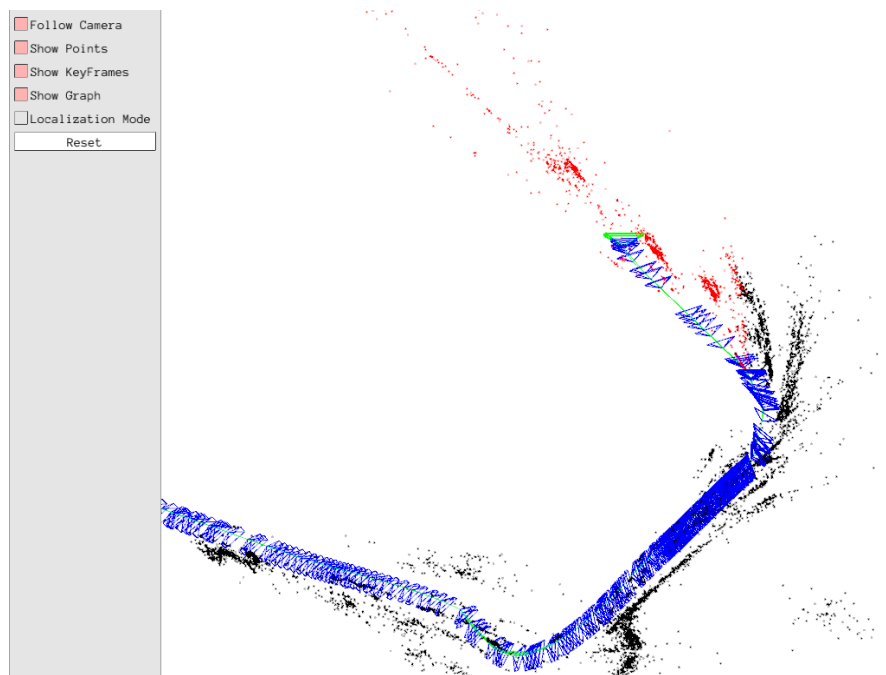


Рис. 4. Построение разреженной карты

На сегодняшний день одной из актуальных направлений в области разработки методов SLAM является использование нейронных сетей [9-10]. Нейронные сети помогают уменьшить ошибку, вызванную различными факторами, например, размытость при движении, освещение, слабо текстурированные объекты, неправильная калибровка датчика и т. д. Так же нейронные сети предполагают использование меньшего количества устройств сбора информации. В качестве примера, существует реализация с применением «только» монокулярной камеры.

Выводы в соответствии со статьей. В данной работе был выполнен обзор систем автоматического определения местоположения движущейся платформы. Рассматривались основные этапы при определении местоположения объекта, а также проблема при его локализации. Более детально рассмотрены этапы работы методов SLAM, которые позволяют определить местоположение движущейся платформы, а также строить карту местности. Для выполнения локализации и картографирования были рассмотрены датчики, с помощью которых можно реализовать эти задачи. Были продемонстрированы типы карт, которые выстраиваются в процессе прохождения пути. Текущее развитие методов SLAM направлено на взаимодействие с нейронными сетями. Дальнейшие исследования будут направлены на проведения экспериментов уже готовых реализаций в реальных условиях, чтобы определить аппаратную составляющую и подходящий метод SLAM для выполнения поставленной цели.

Список использованных источников

1. Chris Kahlefeldt. *Implementation and Evaluation of Monocular SLAM for an Underwater Robot*. Hamburg, January 2018. 127 p.
2. Megan R. Naminski. An Analysis of Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) Algorithms. *Mathematics, Statistics, and Computer Science Honors Projects*. 2013. Paper 29. P. 1–41.
3. Chong T. J., Tang X. J., Leng C. H., Yogeswaran M., Ng O. E., Chong Y. Z. Sensor Technologies and Simultaneous Localization and Mapping (SLAM). *Procedia Computer Science*. 2015. Vol. 76. P. 174–179.
4. Фатеев А. В. Разработка робототехнического модуля, позволяющего вычислять карту окружающего пространства: магистерская диссертация по направлению подготовки: 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии / Томск. гос. ун-т. Томск, 2016. 50 с.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

5. Hugh Durrant-Whyte, Tim Bailey. Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM): Part I The Essential Algorithms. *IEEE Robotics and Automation Magazine*. 2006. № 13 (2). P. 99–110. DOI: 10.1109/MRA.2006.1638022.
6. Raul Mur-Artal, J. M. M. Montiel, Juan D. Tardos. ORB-SLAM: a Versatile and Accurate Monocular SLAM System. *IEEE Transactions on Robotics*. 2015. № 31(5). P. 1147-1163. DOI: 10.1109/TRO.2015.2463671.
7. Raul Mur-Artal, Juan D. Tardos. ORB-SLAM2: an Open-Source SLAM System for Monocular, Stereo and RGB-D Cameras. *IEEE Transactions on Robotics*. Jun 2017. № 31(5), P. 1255-1262. DOI: 10.1109/TRO.2017.2705103.
8. Engel, J., Schops, T., Cremers, D.: LSD-SLAM: Large-Scale Direct Monocular SLAM. In: Fleet, D., Pajdla, T., Schiele, B., Tuytelaars, T. (eds.) ECCV 2014, Part II. LNCS, Vol. 8690, P. 834-849. Springer, Heidelberg (2014).
9. Emilio Parisotto, Devendra Singh Chaplot, Jian Zhang, Ruslan Salakhutdinov. Global Pose Estimation with an Attention-based Recurrent Network. Feb. 2018. P. 1–10.
10. Yi Li, Chenggang Xie, Huimin Lu, Xieyuanli Chen, Junhao Xiao, Hui Zhang. Scale-aware Monocular SLAM Based on Convolutional Neural Network. August 2018.

References

1. Kahlefeldt, C. (January 2018). *Implementation and Evaluation of Monocular SLAM for an Underwater Robot*. (Master's Thesis). Hamburg University of Technology, Hamburg.
2. Naminski, M. (2013). An Analysis of Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) Algorithms. *Mathematics, Statistics, and Computer Science Honors Project*, 29, 1–41.
3. Chong, T. J., Tang, X. J., Leng, C. H., Yogeswaran, M., Ng, O. E., Chong, Y. Z. (2015). Sensor Technologies and Simultaneous Localization and Mapping (SLAM). *Procedia Computer Science*, 76, 174–179.
4. Fateev, A. V. (2016). *Razrabotka robototekhnicheskogo modulia, pozvoliaiushchego vychisliat kartu okruzhaiushchego prostranstva: masterskaia dissertatsiia po napravleniiu podgotovki [Development of a robotic module that allows you to calculate the map of the surrounding space]*. (Master's Thesis). Tomsk State University, Tomsk [in Russian].
5. Durrant-Whyte, H., Bailey, T. (2006). Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM): Part I The Essential Algorithms. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 13 (2), 99–110. DOI: 10.1109/MRA.2006.1638022.
6. Mur-Artal, R., Montiel, J. M. M. Tardos, J. D. (2015). ORB-SLAM: a Versatile and Accurate Monocular SLAM System. *IEEE Transactions on Robotics*, 31(5), 1147-1163. DOI: 10.1109/TRO.2015.2463671.
7. Rau Mur-Artal, R., Montiel, J. M. M. Tardos, J. D. (2017). ORB-SLAM2: an Open-Source SLAM System for Monocular, Stereo and RGB-D Cameras. *IEEE Transactions on Robotics*, 31(5), 1255-1262. DOI: 10.1109/TRO.2017.2705103.
8. Engel, J., Schops, T., Cremers, D. (2014). LSD-SLAM: Large-Scale Direct Monocular SLAM. *Computer Vision-ECCV*, 8690, 834-849.
9. Parisotto, E., Chaplot, D. S., Zhang, J., Salakhutdinov, R. (Feb. 2018). Global Pose Estimation with an Attention-based Recurrent Network. *CoRR*, abs/1802.06857, pp. 1–0.
10. Li, Y., Xie, C., Lu, H., Chen, X., Xiao, J., Zhang, H. (August 2018). Scale-aware Monocular SLAM Based on Convolutional Neural Network.

UDC 004.896

Illia Filimonov, Anatoly Revko, Igor Lysenko

METHODS OF AUTOMATIC DETERMINATION OF THE POSITION OF A MOVING PLATFORM IN SPACE

Urgency of the research. The existence of the need to improve the accuracy of research areas, including in hard-to-reach areas, updates the direction of finding new ways of automatic localization for the task of the robot about collecting the information surrounding it for its own localization and building the environment map.

Target setting. Existing methods for determining the location of a moving platform in space have a significant error, which is unacceptable for use in devices designed to operate without human intervention.

Actual scientific researches and issues analysis. Research trends show satisfactory results of the introduction of new algorithms based on neural networks, but most of the solutions are designed for large moving platforms, while for small platforms, such as UAVs, solutions are not enough.

Uninvestigated parts of general matters defining. Works on the automatic determination of the location of a moving platform often demonstrate the results of experiments that were performed in laboratory conditions. The question arises: how the system will behave when tested in real conditions?

The research objective. It is supposed to implement a system of automatic movement of the platform based on modern hardware and localization algorithms.

The statement of basic materials. Considered general information for methods of localization and mapping of SLAM, the general algorithm for the operation of methods of SLAM and their mathematical representation are presented. Sensors, that are used in localization tasks, are described and two main SLAM methods with a detailed description are presented. The results of the simulation of the ORB-SLAM2 method were presented.

Conclusions. The methods for localizing a moving platform in space and algorithm for the operation of the SLAM methods were reviewed in this paper. The features of SLAM methods and their development prospects are presented.

Keywords: localization; mapping; SLAM methods.

Fig.: 4. **References:** 10.

Филимонов Илья Юрьевич – аспирант кафедры электроники, автоматизи, робототехники и мехатроники, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Filimonov Iliia – PhD student of the Department of Electronics, Automation, Robotics and Mechatronics, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: i.y.filimonov24@gmail.com

Ревко Анатолий Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроники, автоматизи, робототехники и мехатроники, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Revko Anatoly – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electronics, Automation, Robotics and Mechatronics, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: asr@inel.stu.cn.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6818-2961>

ResearcherID: F-8024-2014

Scopus Author ID: 57188714850

Лысенко Игорь Юрьевич – IT предприниматель, основатель компании Incomvision (ул. Пирогова, 5/29, г. Чернигов, 14005, Украина).

Lysenko Igor – IT entrepreneur, founder of the company Incomvision (5/29 Pirogova Str., 14005 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: ilysenko1@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8774-9740>

Віталій Чубаєвський, Світлана Рзаєва, Дмитро Рзаєв

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ РОБОЧОГО ЧАСУ СПІВРОБІТНИКІВ ПІДПРИЄМСТВА

Актуальність теми дослідження. У статті описано технологію розробки та моделювання інформаційно-аналітичної системи обліку робочого часу співробітників підприємства. Інформаційно-аналітична система дає можливість формувати звіти по усім необхідним параметрам: за періодом, користувачем, залишком часу, групою, найменуванням задач тощо. Завдяки цьому працівники підприємства мають можливість вести облік робочого часу, переглядати скільки було витрачено часу за місяць, тиждень, рік, тощо на кожну задачу.

Постановка проблеми. Проблема обліку робочого часу полягає в тому, щоб правильно та адекватно визначити розмір заробітної плати. Необхідно вести облік виконаних робіт та фактично затраченого на це часу. Для того щоб для кожного працівника цей процес був зрозумілим та простим, виникає необхідність створення такої системи, яка дозволяла б з легкістю фіксувати дані про кількість виконаних робіт та витраченого часу.

Аналіз досліджень і публікацій. За останній час було опубліковано багато літератури, пов'язаної з розглядом теоретичних основ побудови інформаційних технологій в управлінні мотивацією праці, описом складання та ведення таблиць обліку робочого часу, проте література, в якій би було висвітлено розробки та моделювання інформаційно-аналітичної системи обліку робочого часу співробітників підприємства, відсутня.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Інформаційно-аналітична система обліку робочого часу співробітників підприємства дозволяє вирішити проблеми та завдання, такі як: автоматична реєстрація часу приходу (початку виконання завдання) і виходу з роботи (припинення виконання завдання); можливість формування звіту по кожному співробітнику; формування звітів за різними параметрами; справедливе нарахування заробітної плати; спрощене ведення звітності та планування трудомісткості.

Метою статті є аналіз особливостей моделювання інформаційно-аналітичної системи обліку робочого часу співробітників підприємства.

Виклад основного матеріалу. Дано загальне визначення системи обліку робочого часу. Сформульовано основні вимоги та дано визначення щодо режимів функціонування інформаційно-аналітичної системи обліку робочого часу співробітників підприємства. Проаналізовано етапи розробки та змодельовано інформаційно-аналітичну систему. Розроблено веб-додаток цієї системи.

Висновки відповідно до статті. Така інформаційно-аналітична система обліку робочого часу співробітників підприємства впроваджена в діяльність товариства з обмеженою відповідальністю, що розташована в м. Київ (з огляду на конфіденційність, автори не розголошують назву підприємства). Працівники підприємства мають можливість зручно та швидко отримувати інформацію про витрачений на роботу час.

Ключові слова: моделювання; інформаційно-аналітична система; облік робочого часу.

Рис.: 3. Бібл.: 8.

Актуальність теми дослідження. Одним із багатьох процесів, які потребують автоматизації та управління, є процес обліку робочого часу співробітників. Заробітна плата є певною винагородою, яка обчислюється переважно в грошовому вигляді. Для того щоб правильно розраховувати заробітну плату, необхідно мати відомості про те, скільки робочого часу витратив кожен працівник. Саме тому облік дуже поширений у наш час, він є важливою та невід'ємною складовою будь-якого підприємства чи організації.

Постановка проблеми. Проблема обліку робочого часу полягає в тому, щоб правильно та адекватно визначити розмір заробітної плати. Для цього необхідно на підприємстві вести облік виконаної роботи, адже сума заробітної плати залежить від кількості відпрацьованого часу.

Слід вести облік виконаних робіт та фактично затраченого на це часу. Для того щоб для кожного працівника цей процес був зрозумілим та простим, виникає необхідність створення такої системи, яка дозволяла б з легкістю фіксувати дані про кількість виконаних робіт та витраченого часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні публікації були пов'язані з розглядом теоретичних основ побудови інформаційних технологій в управлінні мотивацією праці [6]. Є багато публікацій щодо опису складання та ведення таблиць обліку робочого часу [1; 3–5]. Але не має жодних публікацій, які б піднімали проблему дослідження розробки та моделювання інформаційно-аналітичної системи обліку робочого часу співробітників підприємства.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Система обліку робочого часу – спеціальна програма, яка дає можливість бути в «курсі» робочого процесу кожного співробітника. На підставі обліку робочого часу можна прослідкувати кількість виконаних завдань певним працівником (або групою працівників), оцінити їхню працездатність та розрахувати їхню заробітну плату.

Інформаційно-аналітична система обліку робочого часу співробітників підприємства є дуже зручною, дозволяє вирішити багато проблем та завдань, таких як:

- автоматична реєстрація часу приходу (початку виконання завдання) і виходу з роботи (припинення виконання завдання);
- можливість формування звіту по кожному співробітнику;
- формування звітів за різними параметрами;
- справедливе нарахування заробітної плати;
- спрощене ведення звітності та планування трудомісткості.

Постановка завдання. Облік робочого часу є актуальною, важливою та невід’ємною складовою успішного функціонування будь-якого підприємства чи установи. Однією з основних причин є посилення контролю за дотриманням законодавства про працю та оновлення підстав для проведення позапланових перевірок роботодавців. За чинним законодавством на кожному підприємстві повинен бути табель обліку робочого часу. Форма таблицю встановлена законом, але вона може бути змінена до мінімуму на розгляд роботодавця.

Для того щоб автоматизувати та полегшити роботу працівників підприємства, необхідно змоделювати інформаційно-аналітичну систему обліку робочого часу співробітників підприємства, яка дозволила б відслідкувати затрачений час співробітників підприємства на виконання поточних завдань, отримувати правильні дані по кожному працівнику, мати можливість відстежувати скільки необхідно виплатити працівнику.

Виклад основного матеріалу. При розробці інформаційно-аналітичної системи обліку робочого часу співробітників підприємства керувались такими вимогами (технічне завдання для програмного забезпечення інформаційно-аналітичної системи):

Вимоги до режимів функціонування інформаційно-аналітичної системи.

В основному режимі функціонування інформаційно-аналітична система обліку робочого часу співробітників підприємства повинна забезпечувати:

- функціонування клієнтського програмного забезпечення в режимі on-line;
- цілодобове функціонування серверного програмного забезпечення;
- безперебійну роботу системного, базового і прикладного програмного забезпечення;
- збирання, обробку та завантаження даних, зберігання даних, надання звітності.

Інформаційно-аналітична система повинна надавати можливість створення нижче наведених функцій:

- збереження необхідних даних про співробітника, які включають в себе: прізвище; ім’я; по-батькові; дата народження; стать; серія та номер паспорта;
- надавати можливість введення неповної інформації, наприклад можливість здійснювати пошук співробітників за критеріями: прізвище, ім’я, по батькові.
- потрібно мати можливість фіксувати прийняття та звільнення співробітника.

Користувачі-програмісти повинні мати можливість:

- введення логіну та пароля;
- створення нових задач;
- фіксувати початок та кінець обліку часу;
- проглянути кількість відпрацьованих годин та зароблену суму.

Користувачі відділу бухгалтерії повинні мати можливість:

- формування звіту по всім працівникам з певними фільтрами, та отримувати інформацію про кількість відпрацьованих годин та суму зароблених коштів.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Керівники підприємства повинні мати можливість:

- переглядати всі дані про співробітників;
- формувати звіт;
- редагувати всю інформацію.

Для забезпечення основного режиму функціонування інформаційно-аналітичної системи необхідно виконувати вимоги й дотримуватись умов експлуатації програмного забезпечення й комплексу технічних засобів системи, зазначених у відповідних документах (технічна документація, інструкції з експлуатації тощо). У профілактичному режимі інформаційно-аналітична система повинна забезпечувати можливість проведення таких робіт:

- технічне обслуговування;
- модернізація апаратно-програмного комплексу;
- усунення аварійних ситуацій (аварійний режим функціонування).

Для забезпечення високої надійності функціонування інформаційно-аналітичної системи як системи загалом, так і її окремих компонентів повинно забезпечуватися виконання вимог із діагностування її стану.

Вимоги до режимів управління системою

Залежно від типу користувача інформаційно-аналітична системи обліку робочого часу співробітників підприємства повинна працювати в трьох режимах: «Адміністратор», «Бухгалтер», «Програміст».

Режим «Адміністратор» повинен надавати доступ до всіх даних системи та можливість редагування всіх даних та об'єктів. Цей режим використовується Замовником – керівником підприємства, а також усіма іншими уповноваженими працівниками. Користувачі, яким буде наданий цей режим, повинні входити в систему без обмежень.

У режимі «Бухгалтер» користувачі повинні мати можливість встановлення заробітної плати працівників, а також фіксувати нарахування та видачу заробітної плати працівникам та формувати звіти.

Режим «Програміст» повинен надавати можливість працівникам-програмістам фіксувати витрачений час на кожну роботу та мати можливість перегляду зароблених коштів та кількості відпрацьованих годин. Кожен працівник повинен бачити лише свої завдання та свій витрачений час.

Структура зберігання даних в інформаційно-аналітичній системі обліку робочого часу співробітників підприємства повинна складатися з таких основних складових:

- розділ постійного зберігання даних;
- розділ тимчасового зберігання даних.

Система не повинна бути закритою для суміжних систем і повинна підтримувати можливість експорту даних в суміжні системи через інтерфейсні таблиці або файли даних. Система повинна забезпечити можливість завантаження даних, одержуваних від суміжної системи.

Вимоги до використання класифікаторів та уніфікованих документів.

Інформаційно-аналітична система, по можливості, повинна використовувати класифікатори й довідники, які ведуться в системах-джерелах даних, описаних у технічних вимогах. Основні класифікатори й довідники в системі повинні бути єдиними. Значення класифікаторів і довідників, відсутні в системах-джерелах, але необхідні для аналізу даних, необхідно підтримувати у спеціально розроблених файлах або репозиторії бази даних.

Вимоги щодо застосування систем управління базами даних.

Для реалізації підсистеми зберігання даних повинна використовуватися СУБД «Замовника».

Вимоги до структури, процесу збору, обробки, передачі даних у системі представлення даних.

Процес збору, обробки й передачі даних у системі визначається регламентом процесів збору, перетворення й завантаження даних, що розробляється на відповідних загальних етапах: «Планування. Проектування. Розробка. Технічне обслуговування» з її подальшою деталізацією.

Вимоги до захисту даних від руйнувань при аваріях і збоях в електроживленні системи.

Інформація в базі даних інформаційно-аналітичної системи повинна зберігатися у разі виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних зі збоями в електроживленні. Система повинна мати безперебійне електроживлення, що забезпечує її нормальне функціонування протягом 30 хвилин у разі відсутності зовнішнього енергопостачання, та 10 хвилин додатково для коректного завершення всіх процесів.

Резервне копіювання даних повинне здійснюватися на регулярній основі, в обсягах, достатніх для відновлення інформації в підсистемі зберігання даних.

Вимоги до контролю, зберігання, оновлення та відновлення даних.

До контролю даних висувуються такі вимоги:

- система повинна фіксувати інформацію про те, який користувач і в який час зайшов у систему;

- система повинна давати можливість слідкування за зміною даних у будь-яких об'єктах системи.

До зберігання даних висувуються такі вимоги:

- зберігання історичних даних у системі має проводитися не більше (менше) ніж за 5 (п'ять) попередніх років. Після закінчення цього терміну дані повинні переходити в архів;

- історичні дані, що перевищують п'ятирічний поріг, повинні зберігатися на сервері підприємства з подальшою можливістю їх відновлення.

На рис. 1 зображено модель інформаційно-аналітичної системи обліку робочого часу співробітників підприємства (клієнтська частина).

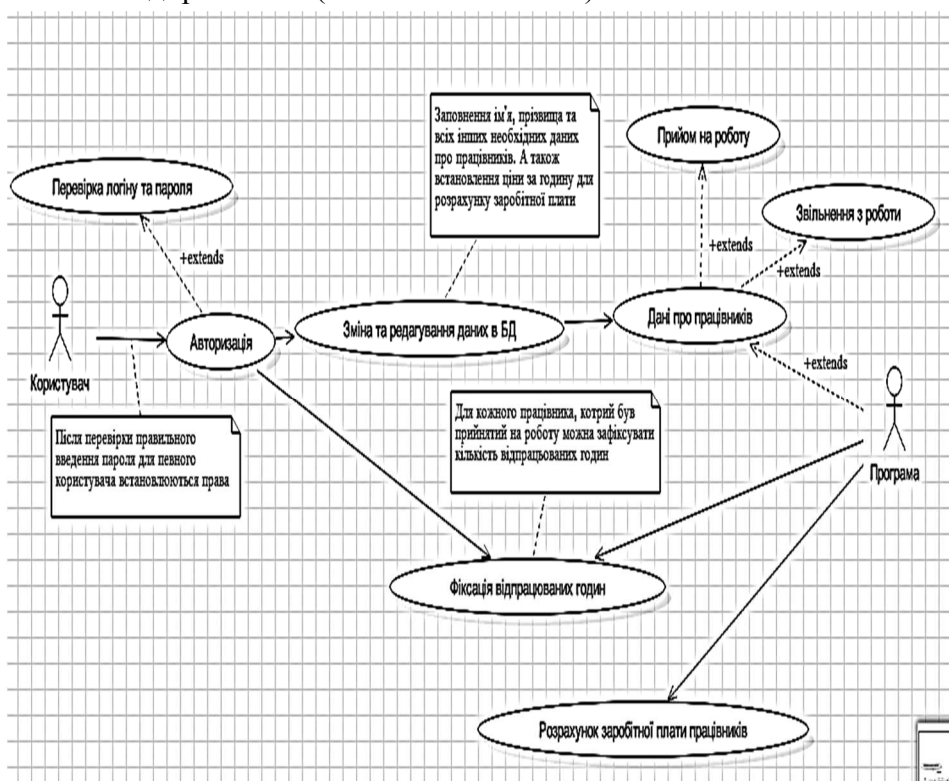


Рис. 1. Модель інформаційно-аналітичної системи обліку робочого часу співробітників підприємства (клієнтська частина)

На початку роботи система повинна перевірити логін та пароль користувача та надати йому доступ до системи.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Залежно від назначених прав користувачу повинна надаватись можливість змінювати та редагувати в базі даних відомості про співробітників, фізичних осіб, приймати та звільняти фізичних осіб з роботи, встановлювати їхню заробітну плату.

Для користувачів із доступними правами «Програміст» потрібно надати можливість фіксації початку та закінчення виконання певного завдання. Також такий користувач повинен мати можливість своєчасно отримати інформацію про зароблені кошти.

Програмісти мають доступ до підсистеми «Облік часу», що дозволяє створювати нові завдання саме для цього користувача, а також створювати групи для різних завдань. Початкова сторінка програми зображена на рис. 2.

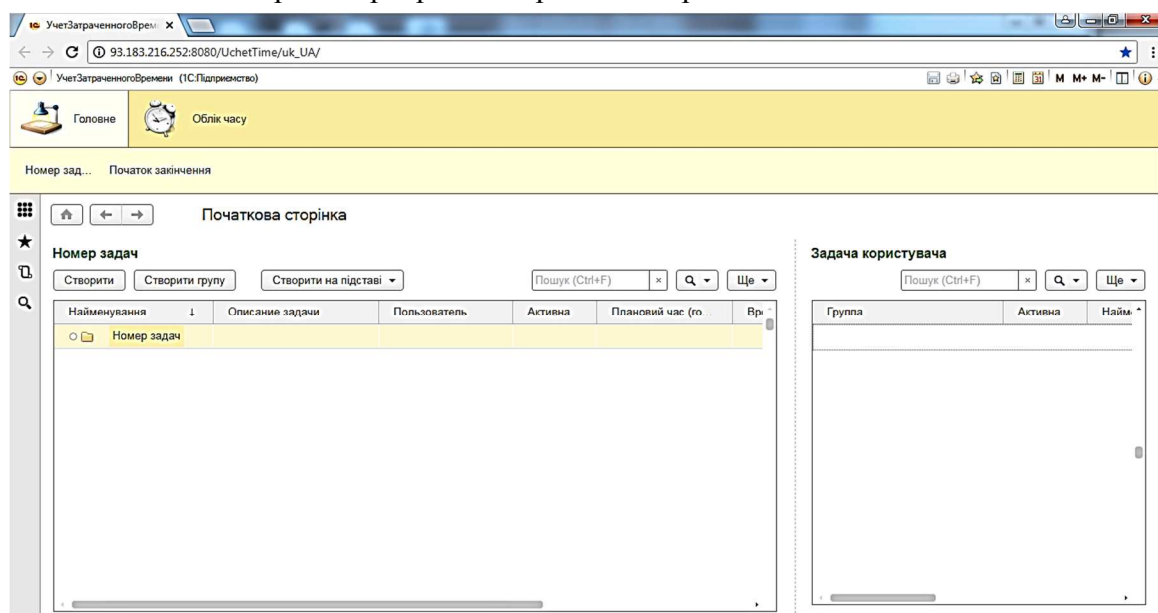


Рис. 2. Початкова сторінка інформаційно-аналітичної системи для програмістів

При створенні задачі користувач із правами адміністратора має можливість назначити користувача для виконання завдання, написати опис та зміст завдання, встановити планові години на виконання поставленого завдання.

Після того як завдання були сформовані, кожен програміст може приступити до їх виконання. Для того щоб зафіксувати початок виконання, необхідно навпроти задачі в колонці «Активна» подвійним кліком поставити галочку, це буде означати, що відлік часу почався. Автоматично для зручного користування та швидкого початку або закінчення роботи в правій стороні форми розміщуються «Задачі користувача», у цьому табличному полі містяться активні чи ще не виконані задачі. Після закінчення виконання необхідно знову подвійним кліком натиснути на зелену галочку й система автоматично порахує витрачений час і якщо була задана вартість години, то відобразить зароблену суму грошей. На рис. 3 зображена головна сторінка системи з усім описаним функціоналом.

Інформаційно-аналітична системи обліку робочого часу співробітників підприємства дає можливість формувати звіти по усім необхідним параметрам: за періодом, користувачем, залишком часу, групою, найменуванням задач тощо.

У цій системі також реалізований алгоритм прийняття та звільнення працівників із роботи. Це є зручним інструментом, який надає можливість автоматично додавати та звільняти працівників із програми обліку.

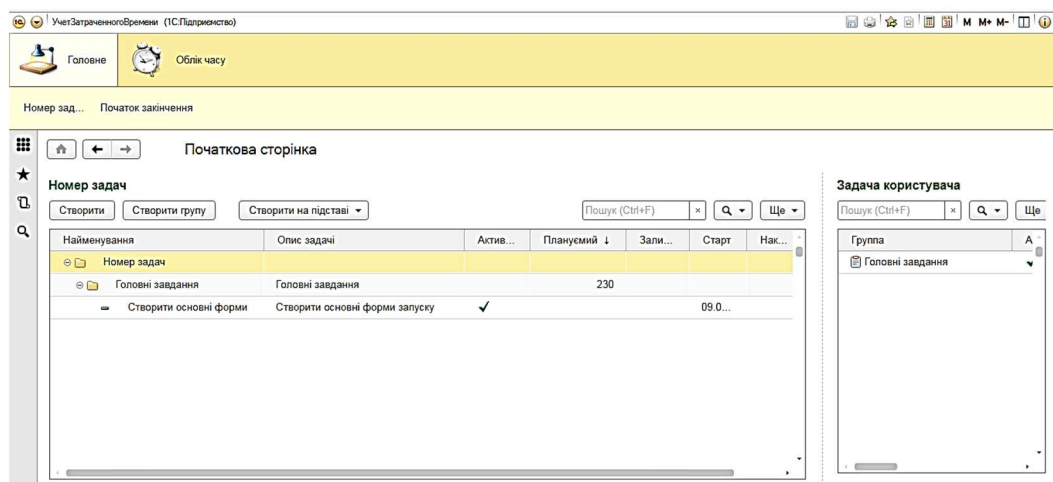


Рис. 3. Відображення елементів головної сторінки

Для кожного користувача інформаційно-аналітичної системи підприємства передбачений фільтр по кожній задачі для швидкого отримання всіх даних по працівниках.

Висновки відповідно до статті. Запропонована інформаційно-аналітична система обліку робочого часу співробітників підприємства впроваджена в діяльність товариства з обмеженою відповідальністю, розташованого у м. Києві (з огляду на конфіденційність, автори не розголошують назву підприємства). Працівники підприємства мають можливість зручно та швидко отримувати інформацію про витрачений на роботу час.

Список використаних джерел

1. Беззуб Б. С, Міхатуліна О. М. Трудове право України: опорний конспект лекцій. Київ: МАУП, 2007. 344 с.
2. Режим та облік робочого часу. URL: <https://books.br.com.ua/2621>.
3. Самолюк В., Філіп'єв А., Мартинюк Р. Основи правознавства: навчальний посібник. Острого: Видавництво Національного університету «Острозька академія», 2006. 253 с.
4. Трудове право України: навчальний посібник / за ред. В. О. Кучера. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 564 с.
5. Трудове право України: підручник / за заг. ред. М. І. Іншина, В. Л. Костюка, В. П. Мельника. Вид. 2-ге, перероб. і доп. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 472 с.
6. Тужилкіна О. В. Інформаційні технології в управлінні мотивацією праці. *Вісник національного університету «Львівська політехніка»*. 2009. № 647. С. 245–250.
7. Kryvoruchko O., Rzayeva S., Kozik O. The Information System of Vertically Integrated Structures as a Pillar of Entrepreneurship in the Information Society. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2016. P. 595–596.
8. Rzayeva S., Rzayev D. Modeling and analysis of the software of the financial comparison of the enterpris. *The scientific heritage*. 2018. № 24. P. 62–66.

References

1. Bezzub, B. S., Mikhatulina, O. M. (2007). *Trudove pravo Ukrainy: oporny konспект lektsii [Labor law of Ukraine: reference abstract of lectures]*. Kyiv: MAUP [in Ukrainian].
2. *Rezhym ta oblik robochoho chasu [Mode and time recording]*. Retrieved from <https://books.br.com.ua/2621>.
3. Samoiliuk, V., Filipiev, A., Martyniuk, R. (2006). *Osnovy pravoznavstva [Fundamentals of jurisprudence]*. Ostroh: Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu «Ostrozka akademiia» [in Ukrainian].
4. Kuchera, V. O. (Ed.) (2017). *Trudove pravo Ukrainy [Labor law of Ukraine]*. Lviv: LvDUVS [in Ukrainian].
5. Inshyn, M. I., Kostyuk, V. L., Melnyk, V. P. (Eds.) (2016). *Trudove pravo Ukrainy [Labor law of Ukraine] (2nd ed.)*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian].
6. Tuzhylkina, O. V. (2009). *Informatsiini tekhnolohii v upravlinni motyvatsiieiu pratsi [Information technology in the management of labor motivation]*. *Visnyk natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnik» – Bulletin of the National University «Lviv Polytechnic»*, 647, 245–250 [in Ukrainian].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

7. Kryvoruchko O., Rzayeva S., Kozik O. The Information System of Vertically Integrated Structures as a Pillar of Entrepreneurship in the Information Society. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2016. P. 595–596.

8. Rzayeva, S., Rzaev, D. Modeling and analysis of the software of the financial comparison of the enterpris. *The scientific heritage*. 2018. № 24. P. 62–66.

UDC 519.21

Vitaliy Chubaievskiy, Svitlana Rzaieva, Dmytro Rzaiev

MODELLING OF INFORMATION AND ANALYTICAL ACCOUNTING SYSTEM OF EMPLOYEES' WORKING TIME

Urgency of the research. This article describes the technology development and modeling of the information-analytical accounting system of employees' working time. The system makes it possible to generate reports on all necessary parameters: the period, the user remainder of the time, the group name and more tasks. It enterprises employees to have the opportunity to keep time tracking, view how much time was spent per month, week, year, etc. for each task.

Target setting. The problem of working time accounting is to determine the amount of wages correctly and adequately. It is necessary to keep records of the completed work and actually spent time on each task. For each worker to be easy to understand it is necessary to design such system, which would allow to easily record the data about the amount of work completed and time spent.

Actual scientific researches and issues analysis. Recently, a lot of literature has been published which is related to the consideration of the theoretical foundations of building information technology in the management of labor motivation, a description of the compilation and maintenance of a working time accounting table. However, the literature, which would cover the development and modeling of the information and analytical accounting system of employees' working time is absent.

Uninvestigated parts of general matters defining. The information-analytical accounting system of the employees' working time allows to solve such problems as: automatic registration of the arrival time (the beginning of task completion) and leaving time (termination of task completion), the possibility of forming a report about each employee; formation of reports on different parameters; fair payroll; simplified accounting and planning of labour complexity.

The purpose of the article is to analyze the peculiarities of the modeling of the information-analytical system of accounting of working time of the enterprise employees.

The presentation of the main material. The general definition of the working time accounting system has been given. The basic requirements have been formulated and the definition of the modes of operation of the information-analytical system of accounting of the working hours of the employees of the enterprise has been given. The stages of the development have been analyzed and the information-analytical system has been modeled. The web application of this system has been developed.

Conclusions and suggestions. This information-analytical system of accounting of working time of employees of the enterprise was introduced into the activity of a limited liability company located in Kyiv (in view of the confidentiality, the authors do not disclose the name of the enterprise). Employees of the enterprise have an opportunity to get information about the time spent working conveniently and quickly.

Keywords: modeling; information and analytical system; accounting of working time.

Fig.: 3. **References:** 8.

Чубасвський Віталій Іванович – кандидат політичних наук, доцент, доцент кафедри програмної інженерії та кібербезпеки, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото 19, м. Київ, 02156, Україна).

Chubaievskiy Vitaliy – PhD in Politics, Associate Professor, Associate Professor of Department of Software Engineering and Cyber Security, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kyoto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

E-mail: chubaievskiy@knute.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8078-2652>

Рзаєва Світлана Леонідівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмної інженерії та кібербезпеки, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото 19, м. Київ, 02156, Україна).

Rzaieva Svitlana – PhD in Technical Sciences, Associate Professor Associate Professor of Department of Software Engineering and Cyber Security, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kyoto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

E-mail: rzaevasl@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7589-2045>

ResearcherID: N-1141-2016

Рзаєв Дмитро Олександрович – старший викладач кафедри інформатики та системології, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана (просп. Перемоги, 54/1, м. Київ, 03057, Україна).

Rzaiev Dmytro – Senior Lecturer Department of Informatics and Systemology, Kyiv National Economics University after Vadym Hetman (54/1 Peremogy Av., 03057 Kyiv, Ukraine).

E-mail: ditomas@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7149-4971>

УДК 519.876.2:336

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-86-94

Тетяна Нескородєва

МЕТОДИКА ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ СИСТЕМЫ АУДИТА ПЕРВОГО УРОВНЯ

Актуальность темы исследования. В настоящее время актуальной научно-технической проблемой информационных технологий финансово-экономической сферы является автоматизация анализа данных финансово-экономической информации предприятий. Решение задач аудита на основании автоматизированного анализа данных является одной из актуальных проблем. Поэтому существует потребность создания методики проектирования информационных технологий (ИТ) систем поддержки принятия решений (СППР) аудита.

Постановка проблемы. При проектировании ИТ аудита необходимо обеспечить возможность их применения к финансово-экономическим данным предприятий различных отраслей, типов производства, различной организационной структурой и ИТ учета.

Анализ последних исследований и публикаций. Были рассмотрены последние публикации в открытом доступе, включая технологию системы Audit 4.0.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Автоматизация решения задач аудита предпосылки бухгалтерского учета инвариантна относительно особенностей предприятия.

Постановка задачи. Создание методики формализации задач аудита предпосылки бухгалтерского учета инвариантной относительно особенностей предприятия.

Изложение основного материала. Предлагаемая методика формализации задач основана на правилах построения взаимно-однозначного отображения данных подчиненного проверяемой предпосылке и формализации взаимосвязей переменных первичного учета, характеризующих правила предпосылки.

Выводы по статье. Предложенная методика формализации задач аудита позволяет использовать их для автоматизации решения задач аудита широкого класса предприятий.

Ключевые слова: формализация задач аудита; информационная технология; СППР аудита; взаимно-однозначное отображение; первичный учет.

Табл.: 1. Библ.: 12.

Актуальность темы исследования. В настоящее время актуальной научно-технической проблемой информационных технологий финансово-экономической сферы является автоматизация анализа больших объемов данных финансово-экономической информации предприятий, хранящихся и поступающих в режиме онлайн в базы данных локальных и глобальных компьютерных систем с целью формирования рекомендаций принятия решений при аудите. Так, например, эффективность ИТ бизнеса в сокращении коррупции обоснована в [1]. В [2] рассмотрены теоретические и практические вопросы, связанные с применением ИТ в аудите. Определены изменения, которые вносит в методологию аудита его комплексная компьютеризация.

Применение современных систем учета и управления, на предприятии которые интегрированы в глобальные, многоуровневые системы информационных компьютерных сетей дает потенциальные возможности обработки больших объемов данных, которые используются не в полной мере [3]. В [4] представлена архитектура подсистем внешнего и внутреннего аудита системы Audit 4.0, внедрение и функционирование которых сталкивается с проблемой обработки больших объемов данных. Также на сегодняшний день рассматривается возможность принятия законодательных актов, которые позволят использовать аналитические доказательства (в частности противоречивости данных) полученные при анализе больших объемов данных в качестве обоснования судебных решений без документального исследования первичных документов [5]. Это свидетельствует, что тематика исследований, посвященных проектированию ИТ аудита является актуальной.

Постановка проблемы. При проектировании ИТ аудита необходимо предполагать возможность их применения к финансово-экономическим данным предприятий различных отраслей, типов производства, различной организационной структурой и ИТ учета. Экономико-производственная деятельность и ИТ предприятия образуют сложную социально-экономическую техническую систему. Данная система, как объект аудита, характеризуется глобальной многоуровневой иерархичной структурой разнородных, многофакторных, многофункциональных связей, взаимозависимостей и взаимодействий его подси-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

стем, с ИТ контроля, учета, управления, ведения бизнеса, с другими ИТ и системами в структуре информационной системы национальной экономики. При этом на каждом уровне данные имеют сетевую структуру. Современная методология прикладного системного анализа не соответствует данным требованиям [6]. Следовательно, существует проблема разработки методологических основ проектирования ИТ аудита.

Анализ последних исследований и публикаций. Говоря об автоматизации процедур анализа, следует отметить, что в литературе представлены методы обнаружения мошенничества, основанные на применении моделей нейронных (вероятностных) сетей, логистических регрессий, деревьях решений, экспертных оценок, статистических методах анализа данных [7–10]. Методы анализа, предложенные в [2, 10], позволяют автоматизировать в ИТ аудита только отдельные процедуры анализа (например, формирование выборки) или провести аналитические процедуры в специальных случаях. То есть существует проблема полноты, универсальности и комплексности методик ИТ анализа.

В информационных системах бухучета учет данных одного вида объекта и одного вида операции осуществляется в автоматическом режиме. При этом взаимосвязи между объектами и операциями разных видов учитываются в ручном режиме. Для автоматизации проверки данных взаимосвязей была предложена методика обобщенно-множественного отображения информации в [11].

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Проектирование ИТ СППР согласно данной методики требует создания методики формализации информации первичного учета для автоматизированного решения задач аудита предпосылок П(с)БУ. В [12] выполнена постановка задач автоматизированного анализа данных в подсистеме аудита предпосылки в виде проверки отображения соответствующих множеств данных элементарных задач за период проверки. Это позволяет перейти к формализации задач подсистем ИТ СППР аудита.

Цель статьи. Создать методику формирования взаимно-однозначного отображения множеств данных задач аудита предпосылки за период проверки инвариантную относительно особенностей предприятия и как составляющих методики формализации информации при проектировании ИТ.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

- 1) построение взаимно-однозначного отображения номеров подсистем первичного учета (ППУ) на основании отношений соответствия в БД ИТ учета;
- 2) преобразование выходных переменных задач аудита в соответствии с взаимно-однозначным отображением номеров ППУ;
- 3) определение совокупностей взаимосвязей переменных;
- 4) выделение взаимосвязей переменных ППУ, характеризующих правила предпосылки;
- 5) формирование взаимно однозначного отображения данных, подчиненного правилам предпосылки.

Методики в предыдущих работах автора [11; 12] проиллюстрированы на примере задач подсистемы аудита предпосылки «Полнота» материальных расходов. Поэтому в данной работе методика будет рассмотрена на примере первой задачи аудита расходов – проверки отображения «оплачено-получено».

Изложение основного материала.

1. Построение взаимно-однозначного отображения номеров ППУ.

В задаче проверки отображения «оплачено-получено» платежные поручения (ПП) образуют множество ППУ входных данных подсистемы «Расчеты с поставщиками». Товарно-транспортные накладные (ТТН) образуют множество ППУ выходных данных. Согласно этому определим входные и выходные переменные подсистемы «Расчеты с поставщиками».

Вектор входных переменных подсистемы ИТ включает показатель номера ПП n и показатели ПП:

$$\bar{X} = \left(\left(n, \delta_d, p_d, \Theta_d, \left(v_{s_d}, c_{s_d}, \delta_{s_d} \right), s_d \in \Theta_d, data_d \right), n \in N \right), \quad (1)$$

где переменные определены в табл. 1 (1 столбец).

Вектор выходных переменных подсистемы ИТ включает показатели номера ТТН m и номера l ПП, которое находится в отношении соответствия с данной ТТН. Следовательно, номер ПП l является образом при отображении ε номера ТТН, которое для данной подсистемы назовем «получено-оплачено»:

$$l = \varepsilon(m),$$

где ε - отображение множества номеров ТТН на множество номеров ПП.

Переменные учета ТТН табл. 1 (2 столбец):

$$\bar{Y} = \left(\left(m, l, \Theta_k, \delta_k, p_k, \left(v_{s_k}, c_{s_k}, \delta_{s_k} \right), s_k \in \Theta_k, data_k \right), m \in M \right), \quad (2)$$

где l – номер ПП, которое находится в отношении соответствия «получено-оплачено» с ТТН с номером m ,

остальные переменные определены в табл. 1 (2 столбец).

Таблица 1

Переменные учета расчетов с поставщиками

Входные переменные		Выходные переменные	
обозначение x_{63}^i	название	обозначение y_{63}^j	название
d	вид операции (оплата счета поставщика)	k	вид операции (получение сырья от поставщика)
p_d	вид поставщика, которому переведена оплата	p_k	вид поставщика, который поставил сырье
S_d	вид оплаченного сырья	S_k	вид полученного сырья
Θ_d	множество видов оплаченного сырья	Θ_k	множество видов полученного сырья
q_d	количество видов оплаченного сырья	q_k	количество видов полученного сырья
v_{s_d}	количество оплаченного сырья вида $S_d (s_d \in \Theta_d)$	v_{s_k}	количество полученного сырья вида $S_k (s_k \in \Theta_k)$
c_{s_d}	цена оплаченного сырья вида $S_d (s_d \in \Theta_d)$	c_{s_k}	цена полученного сырья вида $S_k (s_k \in \Theta_k)$
δ_{s_d}	стоимость оплаченного сырья вида $S_d (s_d \in \Theta_d)$	δ_{s_k}	стоимость полученного сырья вида $S_k (s_k \in \Theta_k)$
δ_d	стоимость оплаченного сырья множества Θ_d	δ_k	стоимость полученного сырья множества Θ_k

В силу экономического содержания взаимодействия операций оплаты и поставки каждому номеру ТТН $m (m \in M)$ соответствует единственный номер $l (l \in L)$ ПП, то данное соответствие номеров за период T порождает отображение множеств номеров:

$$M \xrightarrow{\varepsilon} L,$$

где ε - отображение номеров выходных данных на номера входных данных;

L - множество номеров ПП в ТТН.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

В каждой ТТН с номером m учитывается соответствие единственной ПП с номером l . Следовательно, существует отображение номеров ТТН на входные (например, «получено-оплачено» в подсистеме «Расчеты с поставщиками»):

$$\forall m \in M \exists ! l : m \xrightarrow{\varepsilon} l, \quad (3)$$

где l – номер первичной подсистем учета входных данных в ПП;

m и M – номер и множество номеров ТТН;

ε - отображение множества номеров ТТН на номера ПП, между которыми существует соответствие к одному множеству объектов учета.

Отображение ε является однозначным, но не является взаимно-однозначным. Для проверки предпосылки «Полнота» при преобразовании входных данных в выходные за период T , которое назовем «оплачено-получено» на основании образа отображения ε номеров первичных подсистем «получено-оплачено» в БД ИТ учета сформируем взаимно однозначные отображение.

На первом этапе формирования отображения определим множества ПП, для которых нет ТТН, которые находятся в отношении соответствия к одному объекту учета и наоборот за период T . Из (1) следует, образ множества номеров выходных данных $\varepsilon(M)=L$ определяет множество номеров ПП которые в системе учета определены как прообраз выходных данных за период T . Возможны три случая при сопоставлении данного множества с множеством номеров N учтенных ПП.

Первый – существуют ПП для ТТН в период T , которые находятся в отношении соответствия к одному объекту:

$$(l \in L) \wedge (l \in N). \quad (4)$$

Второй – не существует ПП для ТТН в период T , которые находятся в отношении соответствия к одному объекту:

$$(l \in L) \wedge (l \notin N). \quad (5)$$

Совокупность номеров ТТН, образ которых при отображении ε удовлетворяет условию (3) образуют неэквивалентное множество при отображении ε (по фактам поставка-оплата за период T), которое обозначим:

$$M_{\mu} = \{m_l \in M_l : l \notin N\}. \quad (6)$$

Третий – не существует ТТН для ПП в период T , которые находятся в отношении соответствия к одному объекту:

$$(l \in N) \wedge (l \notin L). \quad (7)$$

Тогда разность множеств номеров N ПП, учтенных за период T и номеров ППУ, которые являются образом L при отображении ε определяет множество номеров ПП неэквивалентных на при данном отображении (оплата-поставка за период T).

$$N_{\mu} = N \setminus L. \quad (8)$$

На втором этапе множество номеров $M \setminus M_{\mu}$ ТТН, для которых существуют образы при отображении ε , представим в виде системы непересекающихся подмножеств, образы которых различны:

$$\mu = \{M_l, l \in L \cap N\} \quad (9)$$

Так как отображение ε является однозначным, то прообразы различных ПП в (9) не пересекаются:

$$M_{l_1} \cap M_{l_2} = \emptyset, l_1 \neq l_2. \quad (10)$$

Определим взаимно-однозначное отображение «оплачено-получено» номеров ПП на разбиение множеств номера ППУ выходных в БД:

$$\phi: N \cap L \rightarrow \mu. \quad (11)$$

2. Преобразование выходных переменных в соответствии с взаимно однозначным отображением номеров ППУ. Для определения образа входных данных X при отображении ϕ номеров первичных подсистем (11), выполним преобразование выходных переменных вектора (2) согласно отношения соответствия:

$$P_k(M_l) = \bigcup_{m_l \in M_l} p_k(m_l), \theta_k(M_l) = \bigcup_{m_l \in M_l} \theta_k(m_l), C_{s_k}(M_l) = \bigcup_{m_l \in M_l} c_{s_k}(m_l), \quad (12)$$

$$v_{s_k}(M_l) = \sum_{m_l \in M_l} v_{s_k}(m_l), \delta_{s_k}(M_l) = \sum_{m_l \in M_l} \delta_{s_k}(m_l), \delta_k(M_l) = \sum_{m_l \in M_l} \delta_k(m_l). \quad (13)$$

Тогда преобразованный, вектор выходных переменных примет вид:

$$\overline{Y^\varepsilon} = \left\{ \left(M_l, P_k(M_l), \left(\theta_k(M_l), \delta_k(M_l) \right), \left(\delta_{s_k}(M_l), C_{s_k}(M_l) \right), s_k \in \Theta_k, \bigcup_{l \in N} M_l = M \right) \right\}, \quad (14)$$

где переменные определены выше.

3. Выделение взаимосвязей переменных ППУ, характеризующих правила предпосылки и определение функциональных особенностей их учета. Между переменными подсистемы (1), (2) и (12) существует множество взаимосвязей. Выделим подмножество взаимосвязей между:

- 1) входными переменными (1) – Φ_X ;
- 2) выходными переменными (2) – Φ_Y ;
- 3) выходными преобразованными переменными (12) – Φ_{Y^ε} ;
- 4) входными и выходными переменными (1) и (2) до установления отношения соответствия «оплачено-получено» между номерами ППУ – Φ_X^Y ;
- 5) входными и выходными переменными (1) и (12) после определения отображения «оплачено-получено» между номерами ППУ – $\Phi_X^{Y^\varepsilon}$.

Проверка предпосылки формализована в виде установления взаимно однозначности отображения между входными и выходными данными. Следовательно, взаимосвязи между входными и выходными переменными Φ_X^Y и $\Phi_X^{Y^\varepsilon}$ характеризуют правила предпосылки.

Функциональные особенности учета данных множеств взаимосвязей на первом уровне заключаются в ручном режиме их осуществления.

4. Формирование отображения подчиненного правилам предпосылки. Реализация взаимосвязей $\Phi_X^{Y^\varepsilon}$ входных переменных подсистемы учета (1) и выходных (12) после преобразования согласно отображению ϕ номеров ПП на ТТН (например, «оплачено-получено») порождает взаимно-однозначное отображение множеств их значений:

$$X^\varepsilon \xrightarrow{\gamma} Y^\varepsilon, \quad (15)$$

где где X^ε – значения входных переменных \overline{X} в ППУ множества $N \cap L$, Y^ε – значения преобразованных в соответствии с отображением ε номеров ППУ за период T вы-

ходных переменных вектора $\overline{Y^\varepsilon}$; γ – отображение входных данных ППУ на выходные (например, «оплачено-получено») после определения отображения ε номеров ППУ.

Согласно, постановке задачи проверки предпосылки «Полнота» [...], пары множеств (X, Y) и $(X^\varepsilon, Y^\varepsilon)$ подлежат анализу с целью выделения эквивалентных и неэквивалентных подмножеств при отображении «оплачено-получено» γ . Поэтому правила отображения формализуем в виде взаимосвязей переменных, которые характеризуют предпосылку.

5. Методика формализации взаимосвязей переменных первичного учета, характеризующих правила предпосылки. Согласно правилу предпосылки «Полнота» – все, что оплачено за период T должно быть получено за период T и наоборот. Определим взаимосвязи, характеризующие правила предпосылки «Полнота» при учете расчетов с поставщиками. Для этого выделим две совокупности условий:

1) $K_2^{(1)}$ для множеств номеров ПП и ТТН в подсистеме «Расчеты с поставщиками» N и M ;

2) $K_2^{(2)}$ для множеств значений переменных ПП и ТТН в подсистеме «Расчеты с поставщиками», для которых выполняется условие $K_2^{(1)}$.

Множества N и M должны удовлетворять трем условиям, характеризующим правила предпосылки «Полнота»:

$$\forall l \in N \exists M_l \in \mu : (M_l \neq \emptyset) \wedge (\forall m \in M_l \Rightarrow \varepsilon(m) = l), \quad (16)$$

$$\bigcup_{l \in N} M_l = M, M_{l_1} \cap M_{l_2} = \emptyset, l_1 \neq l_2. \quad (17)$$

Обозначим систему множеств номеров порожденных отображением ε :

$$\mu = \{M_l, l \in N \cap L\}. \quad (18)$$

Т.е. должно существовать взаимно-однозначное отображение множеств номеров ПП на систему множеств номеров ТТН (20), порожденных отображением ε :

$$\phi : N \cap L \rightarrow \mu. \quad (19)$$

Условия (18), (19) образуют первую совокупность условий предпосылки «Полнота» $K_2^{(1)}$. Для ППУ, которые удовлетворяют условию $K_2^{(1)}$ определим вторую совокупность условий предпосылки «Полнота» $K_2^{(2)}$. Условия предпосылки формализуем в виде взаимосвязей переменных операций, которые находятся в отношении соответствия к одному объекту учета e_s «Расчеты с поставщиками»:

$$\delta_d(l) = \delta_k(M_l), \Theta_d(l) = \Theta_k(M_l), \forall l : l \in N, \quad (20)$$

$$p_d(l) = p_k(m_l), m_l \in M_l, \forall l : l \in N, \quad (21)$$

$$v_{s_d}(l) = v_{s_k}(M_l), \delta_{s_d}(l) = \delta_{s_k}(M_l), s_d \in \Theta_d, s_d = s_k, \forall l : l \in N, \quad (22)$$

$$c_{s_d}(l) = c_{s_k}(m_l), m_l \in M_l, s_d \in \Theta_d, s_d = s_k, \forall l : l \in N. \quad (23)$$

Взаимосвязи (16) – (19) и (20) – (23) переменных, которые порождают отображение «оплачено-получено» являются формализацией правил предпосылки «Полнота» $K_2^{(1)}$ и $K_2^{(2)}$ в подсистеме «Расчеты с поставщиками».

6. Формализация задач подсистем аудита предпосылки в ИТ СППР аудита. На основании выполненной формализации правил предпосылки выполним формализацию задач подсистемы аудита предпосылки.

Для этого задачи обработки данных в подсистемах аудита предпосылок на различных этапах работы системы разделим на задачи двух видов по целевому назначению.

1. Задача первого целевого назначения – определить первичные подсистемы, для данных которых условия $K_2^{(1)}$ или $K_2^{(2)}$ не выполняются.

Определить подмножества номеров первичных подсистем учета входных и выходных данных N_n и M_n и соответственно за период проверки T таких, что (H_d, H_k) – данные выделенных подсистем не удовлетворяют условиям эквивалентности $K_2^{(1)}$ или $K_2^{(2)}$ для предпосылки «Полнота» P_2 :

$$\exists (N_n \subseteq N) \wedge (M_n \subseteq M) : (K_2^{(1)}(H_d, H_k) = 0) \vee (K_2^{(2)}(H_d, H_k) = 0), \quad (24)$$

$$H_d = X(N_n), H_k = Y(M_n),$$

где (N_n, M_n) – пара подмножеств номеров ППУ неэквивалентных входных и выходных данных при отображении по правилам предпосылки «Полнота» P_2 ;

(H_d, H_k) – пара неэквивалентных подмножеств входных и выходных данных предпосылки «Полнота» P_2 .

2. Задача второго целевого назначения – определить подмножества первичных подсистем, для которых условия предпосылки $K_2^{(1)}$ и $K_2^{(2)}$ выполняются.

Определить подмножества номеров ППУ входных и выходных данных за период проверки T N_e и M_e таких, что множества E_d и E_k данных подсистем соответственно удовлетворяют совокупности условий $K_2^{(1)}$ и $K_2^{(2)}$ предпосылки «Полнота» P_2 :

$$\exists (N_e \subseteq N) \wedge (M_e \subseteq M) : K_2(E_d, E_k) = 1, \quad (25)$$

$$K_2 = K_2^{(1)} \wedge K_2^{(2)}, E_d = X(N_e), E_k = Y(M_e),$$

где (N_e, M_e) – пара подмножеств номеров ППУ эквивалентных входных и выходных данных предпосылки «Полнота»;

(E_d, E_k) – пара эквивалентных подмножеств входных и выходных данных предпосылки «Полнота».

Методика предполагает, что определение подмножеств ППУ входных и выходных данных за период проверки T , данные которых подлежат сплошной проверке с целью определения их эквивалентности осуществляется на основании предварительного этапа обобщенно-множественного анализа.

Выводы по статье. Выполненная формализация задач подсистем аудита предпосылки в ИТ СППР аудита инвариантна относительно особенностей функционирования и системы учета предприятия, что позволяет использовать их для автоматизации решения задач аудита.

Список использованных источников

1. Xinli Hu. Effectiveness of information technology in reducing corruption in China. *Electronic Library*. 2015. Vol. 33. Issue 1. P. 52–64. DOI: 10.1108/el-11-2012-0148.
2. Ивахненко С. В. Информационные технологии аудита и внутрихозяйственного контроля в контексте мировой интеграции: монография. Житомир: ЧП «Рута», 2010. 432 с.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

3. Kirkos E., Spathis C., Manolopoulos Y. Data mining techniques for the detection of fraudulent financial statement. *Expert Syst. Appl.* 2007. Vol. 32. Issue 4. P. 995–1003.9. DOI: 10.1016/j.eswa.2006.02.016.
4. Dai J, Vasarhelyi M. A. Imagineering Audit 4.0. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*. 2016. № 13(1). P. 1–15.
5. Яремко С. А., Коваленко В. В. Дослідження проблем впровадження сучасних інформаційних систем аудиту в контрольно-ревізійній діяльності. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта наука виробництво*. Луцьк, 2014. № 14. С. 179–182.
6. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Системний аналіз: Методологія. Проблеми. Додатки: монографія. 2-ге видання, перероблене та доповнене. Київ: Наукова думка, 2016. 726 с.
7. Jarrod West, M. Bhattacharya and R Islam. Intelligent Financial Fraud Detection Practices: a comprehensive review. *Computers & Security*. 2016. Vol. 57. P. 47–66. DOI: 10.1007/978-3-319-23802-9_16.
8. Chi-Chen Lin, Chiu An-An, Yan Huang Shaio, C. Yen. David. Detecting the financial statement fraud: The analysis of the differences between data mining techniques and experts' judgments. *Knowledge-Based Systems*. 2015. № 89–P. 459–470. DOI: 10.1016/j.knosys.2015.08.011.
9. Mohiuddin Ahmeda, N. Mahmooda Abdun, Md Rafiqul Islam. A survey of anomaly detection techniques in financial domain. *Future Generation Computer Systems*. 2016. № 55. P. 278–288.
10. Бюль А., Цёфель П. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: пер. с нем. Санкт-Петербург: ДиасофтЮП, 2005. 608 с.
11. Нескорородева, Т. В. Правила и составные части методики обобщенно-множественного отображения информации в подсистеме аналитического учета СППР аудита верхнего уровня. *Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології*. 2017. № 55 (1276). С. 31–38.
- 12 Нескорородева Т. В. Постановка елементарних задач аудиту передумови положень бухгалтерського обліку в інформаційній технології системи підтримки прийняття рішень. *Сучасні інформаційні системи*. 2019. Т. 3, № 1. С. 48–53. DOI: 10.20998/2522-9052.2019.1.08.

References

1. Xinli, Hu. (2015). Effectiveness of information technology in reducing corruption in Chin. *Electronic Library*, 33 (1), 52–64. DOI: 10.1108/el-11-2012-0148.
2. Ivakhnenkov, S. V. (2010). Informatsionnye tekhnologii audita i vnutrikhoziaistvennogo kontrolya v kontekste mirovoi integratsii [Information technology of the audit and internal control in the context of world integration]. Zhitomir: ChP «Ruta» Publ. [in Russian].
3. Kirkos, E., Spathis, C., Manolopoulos, Y. (2007). Data mining techniques for the detection of fraudulent financial statement. *Expert Syst. Appl.*, 32 (4), 995–1003.9. DOI: 10.1016/j.eswa.2006.02.016.
4. Dai, J, Vasarhelyi, M. A. (2016). Imagineering Audit 4.0. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 13(1), 1-15 [in English].
5. Yaremko, S. A., Kovalenko, V. V. (2014). Doslidzhennia problem vprovadzhenia suchasnykh informatsiinykh system audytu v kontrolno-reviziinii diialnosti [Investigation of the problems of implementation of modern information audit systems in the control and audit activity]. *Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii: osvita nauka vyrobnyctvo – Computer Integrated Technologies: Education, Science, Production*, 14, 179–182 [in Ukrainian].
6. Zhurovskiy, M. Z., Pankratova, N. D. (2016). Systemnyi analiz: Metodolohiia. Problemy. Prylozhennia [System Analysis: Methodology. Problems Applications. Monograph 2nd edition, revised and supplemented] (2nd ed.). Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
7. Jarrod, West, Bhattacharya, M. and Islam, R. (2016). Intelligent Financial Fraud Detection Practices: a comprehensive review. *Computers & Security*, 57, 47–66. DOI: 10.1007/978-3-319-23802-9_16.
8. Chi-Chen, Lin, Chiu, An-An, Shaio, Yan Huang and David, C. Yen. (2015). Detecting the financial statement fraud: The analysis of the differences between data mining techniques and experts' judgments. *Knowledge-Based Systems*, 89, 459–470 [in English].

9. Mohiuddin Ahmeda, Mahmooda Abdun N and Rafiqul Islam Md. (2016). A survey of anomaly detection techniques in financial domain. *Future Generation Computer Systems*, 55, 278–288. DOI: 10.1016/j.knosys.2015.08.011.

10. Biul, A., Tsefel, P. (2005). *SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей [SPSS: The art of information processing. Analysis of statistical data and restoration of hidden patterns]*. St. Petersburg: DiaSoftJuP [in Russian].

11. Neskoroдеva, T. V. (2017). Правила і складові частини методикою об'єднаного множинного зображення інформації в підсистемі аналітичного учета СППР аудита верхнього рівня [Rules and components of a generalized-multiple display method of information in the express analysis subsystem of the audit decision support system]. *Visnyk NTU «KhPI». Seriya: System Analysis, Management and Informacion Technology*, 55 (1276), 31–38 [in Russian].

12. Neskoroдеva, T. B. (2019). Postanovka elementarnykh zadach audytu peredumovy polozhen bukhgalterskoho obliku v informatsiini tekhnologii systemy pidtrymky pryiniattia rishen [Formulation of elementary tasks of audit subsystems of accounting provisions precondition IT DSS]. *Suchasni informatsiini systemy – Modern Information Systems*, 3 (1), 48–53. DOI: 10.20998/2522-9052.2019.1.08.

UDC 519.876.2:336

Tatiana Neskoroдеva

TASK FORMALIZATION METHOD OF THE FIRST LEVEL AUDIT SYSTEM

Urgency of the research. At present, the actual scientific and technical problem of information technology in the financial and economic sphere is the automation of data analysis of financial and economic information of enterprises. The solution of audit tasks based on automated data analysis is one of the actual problems. Therefore, there is a need to create a methodology for designing DSS auditing.

Target setting. When designing an IT audit, it is necessary to ensure that they can be applied to the financial and economic data of enterprises in various industries, types of production, various organizational structures and IT accounting.

Actual scientific researches and issues analysis. The latest open source publications were reviewed, including Audit 4.0 technology.

Uninvestigated parts of general matters defining. The automatization of the tasks of the audit of the prerequisite of accounting is invariant with respect to the features of the enterprise.

The research objective. The automatization tasks of the audit of the prerequisite of accounting is invariant with respect to the features of the enterprise.

The statement of basic materials. The proposed methodology for formalizing tasks is based on the rules for constructing a one-to-one mapping of data from a subordinate to the checked premise and formalizing the interrelationships of primary accounting variables that characterize the rules of the premise.

Conclusions. The proposed methodology for formalizing audit tasks allows them to be used to automate the solution of audit tasks for a wide class of enterprises.

Keywords: automated data analysis; formalization of audit tasks; information technology; DSS audit; one-to-one mapping; primary accounting.

Table: 1. References: 12.

Нескородева Татьяна Васильевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математики и математических методов в экономике, Донецкий национальный университет имени Василя Стуса (ул. 600-летия, 21, г. Винница 21027, Украина).

Neskoroдеva Tatiana – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of mathematics and mathematical methods in Economics, Donetsk national University named Vasyl Stus (21 600-richya Str., 21027 Vinnytsia, Ukraine).

E-mail: t.neskoroдеva@donnu.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2474-7697>

РОЗДІЛ III. ЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

УДК 69.022

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-95-104

Павло Наумчик, Катерина Новик

ПРИСТРІЙ ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ СКЛОПАКЕТІВ

Актуальність теми дослідження. Відомо, що для зменшення теплопровідності вікон усередину склопакета під атмосферним тиском закачують газ аргон, який має низьку теплопровідність. Із часом частина молекул аргону заміщується молекулами повітря, тому існує необхідність перевіряти концентрацію аргону в склопакетах.

Постановка проблеми. Метою цього дослідження є розроблення дешевого та простого у використанні пристрою для експрес-контролю якості енергозберігаючих склопакетів, принцип роботи якого ґрунтується на залежності електричної міцності від концентрації аргону в газоповітряній суміші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останніх дослідженнях методів перевірки концентрації аргону в склопакеті пропонується використовувати методи спектрального аналізу, а також фізичні методи аналізу, які включають електрохімічні процеси. Ці методи досить складні й мають велику вартість, тому практично недоступні для покупців.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Таким чином, для використання запропонованого нами пристрою потрібно знати залежність електричної міцності від концентрації аргону в газоповітряній суміші.

Постановка завдання. Провести дослідження залежності електричної міцності суміші аргону й повітря від концентрації повітря та представити модель простого у використанні й доступного за ціною пристрою перевірки концентрації аргону в склопакеті.

Виклад основного матеріалу. Для проведення експериментально дослідження нами була зібрана установка, що включала в себе вакуумну тарілку, вакуумний насос, електрофорну машину, розрядник, вольтметр, балон з аргonom.

У процесі дослідження за допомогою штангенциркуля встановлено, на якій найменшій відстані відбувається іскровий електричний розряд між розрядними кулями електрофорної машини, і виміряно напругу розряду. Треба зазначити, що іскровий розряд між кулями електрофорної машини відбувався на значно меншій відстані, ніж між кулями розрядника, який розміщувався під ковпаком вакуумної тарілки з аргonom.

Усього було проведено 6 серій експерименту для різних концентрацій. За отриманими даними побудовано графік залежності електричної міцності від концентрації аргону в газоповітряній суміші, який можна використати для калібрування пристрою оцінювання якості склопакетів.

Розглянуто будову та принцип дії пристрою контролю концентрації аргону. Визначено, що пристрій повинен містити такі частини: контактні електроди, індикатор струму, кнопка пуску високовольтного генератора, електричний розрядник та стабілізатор AMS1117-3.3.

Висновки відповідно до статті. У процесі дослідження була встановлена залежність електричної міцності в режимі реального часу за допомогою теоретичних та експериментальних досліджень за розробленою методикою, використовуючи установку для дослідів. Також побудовано графік залежності електричної міцності від концентрації аргону в газоповітряній суміші.

Ключові слова: експрес-контроль; електричний розряд; вимірювальний перетворювач.

Рис.: 8. Бібл.: 8.

Актуальність теми дослідження. Економія теплоносіїв при опаленні є одним з актуальних питань нашого часу й вимагає використання й контролю енергоощадних технологій. Дослідженнями встановлено, що близько 22 % тепла втрачається через вікна [1]. З яких близько 65 % втрат через теплове випромінювання, близько 20 % – теплопровідність і близько 15 % – конвекцію, якщо це однокамерний склопакет, заповнений висушеним повітрям [2]. Відомо, що для зменшення теплопровідності вікон усередину склопакета під атмосферним тиском закачують газ аргон, який має низьку теплопровідність і за ДСТУ [1] вміст повітря у склопакеті не повинен перевищувати 15 %.

Так склопакети отримали назву «енергозберігаючих». Оскільки з часом частина молекул аргону заміщується молекулами повітря, то погіршуються теплоізоляційні властивості, що призводить до енергетичних та фінансових втрат. Тому створення пристрою, який би дозволяв швидко та ефективно оцінювати концентрацію аргону всередині енергозберігаючих склопакетів, нині є актуальним завданням.

Постановка проблеми. Метою цього дослідження є розроблення принципу роботи та конструкції дешевого та простого у використанні пристрою для контролю якості енергозберігаючих склопакетів, принцип роботи якого ґрунтується на залежності електричної міцності від концентрації аргону в газоповітряній суміші [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За ДСТУ Б В.2.7-107:2008 [1] вміст аргону в склопакеті визначається таким способом. Зі склопакета, заповненого газом, відповідно до інструкції з експлуатації газоаналізатора відбирають пробу, яку потім розміщують у газоаналізаторі й визначають у ній вміст кисню. Вважають, що склопакети пройшли випробування, якщо вміст кисню в пробі не перевищує 2 %. Наведений метод введено в дію з 01.07.2002 р.

Крім того, існує портативний вимірювач GASGLASS V2 компанії «Sparklike» [5] (рис. 1), за допомогою якого можна аналізувати наповнення газом склопакетів. Принцип дії приладу базується на спектральному аналізі складу газу, вміщеного у склопакет. Щоб отримати спектр випромінювання від газу, прилад утворює високо-вольтну іскру у склопакеті. Спалах іскри зумовлює випромінювання світла атомами аргону, яке вимірюється спектрометром і аналізується мікропроцесором. У процесі обробки мікропроцесором отриманої від спектрометра інформації обчислюється відсоток концентрації аргону. Ці дані потім виводяться на дисплей приладу.



Рис. 1. Зовнішній вигляд портативного газоаналізатора GASGLASS V2 компанії «Sparklike»

Треба зазначити, що цей прилад має певні застереження щодо проведення ним вимірювань.

Недоліком цього приладу є вплив тепловіддзеркалюючих покриттів на результати вимірювань. Крім того, зазначений прилад не здатний вимірювати концентрацію аргону менше 50 %. Також значне поширення цього пристрою стримує значна його ціна.

Отже, запропоновано значно дешевший та простіший у використанні пристрій, який для оцінки якості енергозберігаючих склопакетів використовує залежність електричної міцності суміші аргону з повітрям від концентрації аргону.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Мета нашого дослідження – розробити пристрій для контролю концентрації аргону у склопакетах і перевірити його роботу та дослідити залежність електричної міцності суміші аргону й повітря від концентрації повітря. Тобто для використання запропонованого нами пристрою потрібно знати залежність електричної міцності від концентрації аргону в газоповітряній суміші і на основі отриманих даних розробити пристрій для контролю концентрації аргону у склопакетах.

Постановка завдання. Провести дослідження залежності електричної міцності суміші аргону й повітря від концентрації повітря та представити модель простого у використанні й доступного за ціною пристрою перевірки концентрації аргону в склопакеті.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо фізичні процеси, які пов'язані з роботою пристрою. Електрон під впливом електричного поля набуває кінетичної енергії для іонізації атома газу, розганяється електричним полем і ударяє по атому. Якщо енергія електрона достатня, то з атома вилітає електрон і вже два електрони прискорюються електричним полем. Таким чином, утворюється іонно-електронна лавина, тобто з'являються вільні носії зарядів і газ проводить струм.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Одночасно з процесом іонізації в газі протікає й рекомбінація іонів. Якщо між анодом та катодом існує електричне поле, то частина іонів досягне анода та катода, а інша частина рекомбінує.

Зі збільшенням напруги процес іонізації переважає над процесом рекомбінації. При підвищенні напруги до певної межі відбудеться пробій газового проміжку й несамостійний розряд перейде в самостійний.

Залежно від того, замикає провідний канал, до якого прикладена мінімальна напруга U_{np} , обидва електроди чи ні, пробій може бути повним, неповним або частковим.

Електрична міцність розраховують за формулою [6]:

$$E_{np} = U_{np}/h,$$

де U_{np} – пробивна напруга, В; h – товщина діелектрика, м.

E_{np} при електричному пробіі залежить переважно від внутрішньої будови діелектрика і практично не залежить від температури, частоти прикладеної напруги, геометричних розмірів зразка, аж до товщини $10^{-4} \dots 10^{-5}$ см.

В основі принципу дії запропонованого нами пристрою лежить іскровий розряд. Він виникає в газах при нормальному тиску за наявності електричного поля. Явища, які характеризують такий розряд, викликаються електронними та іонними лавинами, що виникають в іскрових каналах, де тиски збільшуються до сотень атмосфер, а температура підвищується до 10 000 °С.

Електронна лавина (рис. 2) виникає тоді, коли в проміжку між двома зіткненнями електрон набирає енергію, достатню для того, щоб іонізувати нейтральну молекулу. Під час газового розряду, розігнавшись між зіткненнями до достатньої енергії, електрон може віддати її електрону нейтрального атома, вибиваючи його. У результаті створюється пара нових заряджених частинок: електрон і іон.

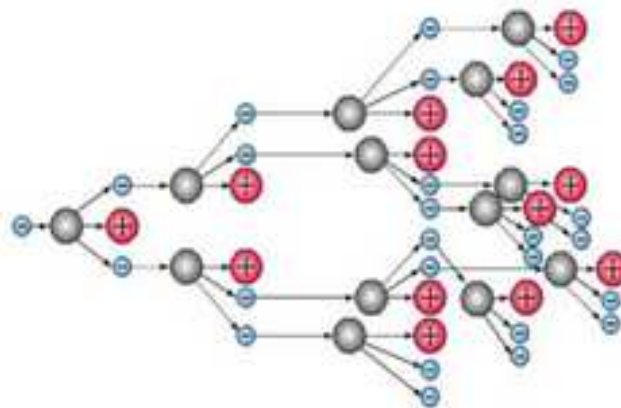


Рис. 2. Утворення електронної лавини

Під час іскрового розряду одночасно з різким зростанням розрядного струму напруга на розрядному проміжку протягом дуже короткого часу (від кількох мікросекунд до декількох сотень мікросекунд) падає нижче напруги згасання іскрового розряду, що призводить до припинення розряду. Потім різниця потенціалів між електродами знову зростає, досягає напруги запалювання і процес повторюється. Чим більша відстань між електродами, тим більша пробивна напруга для настання іскрового розряду.

Відомо, що електрична міцність E_{np} залежить від тиску та хімічного складу газу. Так, електрична міцність повітря при нормальному тиску $E_{np} = 3 \cdot 10^6$ В/м [7]. А для аргону – $1,5 \cdot 10^6$ В/м (удвічі менша). Отже, при однаковій відстані між електродами напруга для іскрового газового розряду буде вдвічі менша, ніж у повітрі при атмосферному тиску. Тобто розряд в аргоні завжди буде проходити при меншій різниці потенціалів між контактами електричного розрядника.

Нами експериментально було з'ясовано, що заміщення частини молекул аргону молекулами повітря також приводить до зростання електричної міцності газу [8]. Чим більший процентний вміст повітря, тим більшу різницю потенціалів потрібно прикладати до контактів розрядника для отримання іскрового розряду. У процесі експерименту ми з'ясували, що при 95 % концентрації аргону в суміші з повітрям його електрична міцність в 1,6 раза менша, ніж у повітрі, тобто $E_{np} \approx 1,8 \cdot 10^6$ В/м. А це означає, що відстань між контактами іскрового розрядника в суміші аргону з повітрям може бути 1,6 раза більшою, ніж у повітрі.

Для проведення досліджень залежності електричної міцності газоповітряної суміші від концентрації повітря в аргоні використовували експериментальну установку (рис. 3), що включала в себе: вакуумну тарілку, вакуумний насос, електрофорну машину, розрядник, балон з аргоном.



Рис. 3. Експериментальна установка визначення залежності електричної міцності газової суміші від концентрації аргону

Вакуумна тарілка складається з масивного диска діаметром 225 мм зі з'єднувальним каналом, замикаючим краном, ніпелями, з двома затискачами й манометром. Збоку диску розміщені два зовнішніх затискача для підключення джерела струму.

Ніпель у центрі тарілки та затискачі можна вільно вивертати і прибирати з тарілки, коли вони не потрібні для експерименту.

Вакуум створюється під скляним товстостінним ковпаком діаметром 200 і висотою 250 мм.

Між його пришліфованими бортами й диском прокладено коло з тонкої еластичної гуми, що перешкоджає проникненню повітря під ковпак при розрідженні.

Розрядні кулі електрофорної машини за допомогою ізолюваних провідників підключались до встановленого на підставці вакуумного ковпака розрядника. Кульки розрядника розміщувались на відстані 1,2 см від їх поверхонь. Утворену систему розмістили під вакуумним ковпаком.

Для підготовки установки до експерименту насосом викачали повітря з під вакуумного ковпака й закрили його кран. До з'єднувального каналу приєднали балон з аргоном і заповнили аргоном простір під ковпаком до нормального тиску й закрили кран. Іскровий розряд у нашій установці міг відбуватися або в іскровому розряднику, який знаходився під ковпаком у аргоні, або між розрядними кулями електрофорної машини. У процесі дослідження за допомогою штангенциркуля встановлювали, на якій най-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

меншій відстані відбувається іскровий електричний розряд між розрядними кулями електрофорної машини і виміряли напругу розряду. Для збільшення точності вимірювань була проведена серія з 5 експериментів. Необхідно зауважити, що іскровий розряд між кулями електрофорної машини відбувався на значно меншій відстані, ніж між кулями розрядника, який розміщувався під ковпаком вакуумної тарілки з аргоном.

Для зміни концентрації аргону вакуумним насосом викачали з-під ковпака вакуумної тарілки аргон, зменшивши тиск до 0,9 від атмосферного. Від'єднали насос і відкрили кран, вирівнявши тиск до атмосферного, тим самим зменшивши процентний вміст аргону за концентрацією до 90 %.

Знову за допомогою електрофорної машини провели серію з 5 експериментів з метою встановлення найменшої відстані між розрядними кулями машини для іскрового розряду.

Дослідження повторювали для інших значень концентрації аргону. Було проведено 6 серій експерименту для концентрацій 100, 90, 80, 70, 65 та 60 %. Результати досліджень представлені в таблиці.

Таблиця

Результати експерименту зі встановлення залежності електричної міцності суміші аргону з повітрям від концентрації повітря в аргоні

Концентрація аргону, %	Довжина пробою, см						E, МВ/м
	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_{cp}	
100	0,65	0,6	0,74	0,74	0,74	0,694	0,160
90	0,9	0,81	0,8	0,9	0,75	0,832	0,192
81	1,00	1,00	0,90	0,85	0,90	0,94	0,217
72	0,93	1,04	1,00	1,00	0,93	0,98	0,226
65	1,00	1,00	0,98	1,00	0,95	0,99	0,228
59	1,00	1,04	1,00	1,00	1,00	1,01	0,233

Під час дослідів було встановлено, що заміщення частини молекул аргону молекулами повітря також призводить до зниження електричної міцності газу. І чим більший процентний вміст аргону, тим меншу різницю потенціалів потрібно прикладати до контактів розрядника для отримання іскрового розряду. У процесі експерименту ми з'ясували, що при 95 % концентрації аргону в суміші з повітрям його електрична міцність в 1,6 раза менша, ніж у повітрі, тобто $E_{np} \approx 1,8 \cdot 10^6$ В/м. А це означає, що відстань між контактами іскрового розрядника в суміші аргону з повітрям може бути в 1,6 раза більшою, ніж у повітрі.

За даними таблиці побудовано графік залежності електричної міцності від концентрації аргону в газоповітряній суміші (рис. 4).

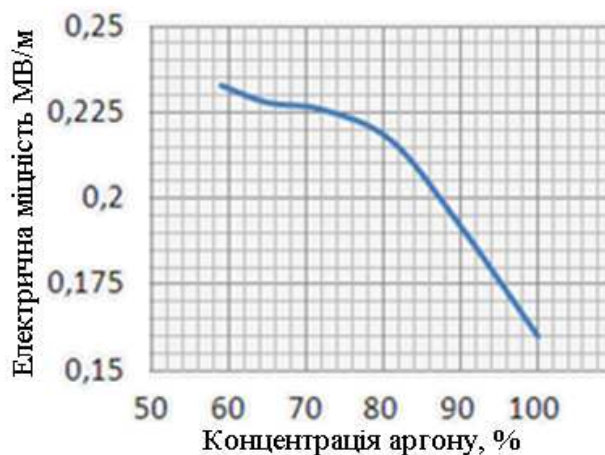


Рис. 4. Графік залежності електричної міцності від концентрації аргону в газоповітряній суміші

До складу пристрою перевірки концентрації аргону входить високовольтний перетворювач, одна з можливих конструкцій якого представлена на рис. 5, де зображені гальванічний елемент 1, кнопка запалення іскри 2, високовольтний генератор 3, індикатор струму 4, контактні електроди 5, корпус 6, клеми електричного розрядника 7, електричний розрядник 8, внутрішня камера склопакета 9.

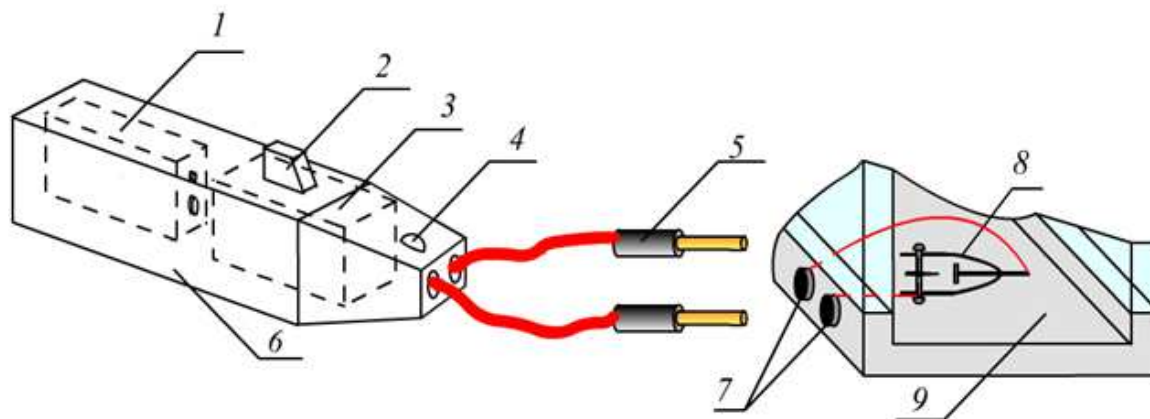


Рис. 5. Будова високовольтного перетворювача

Високовольтний перетворювач призначений для створення електричного поля напруженістю, достатньою для проходження іскрового газового розряду в аргоні. Його електрична принципова схема представлена на рис. 6.

Пристрій отримує енергію від елемента живлення 6F22 типу «крона». Це високовольтний генератор, на виході якого утворюється висока напруга у вигляді електричних імпульсів. Напруга цих імпульсів сягає кількох тисяч вольт, але сила струму мала.

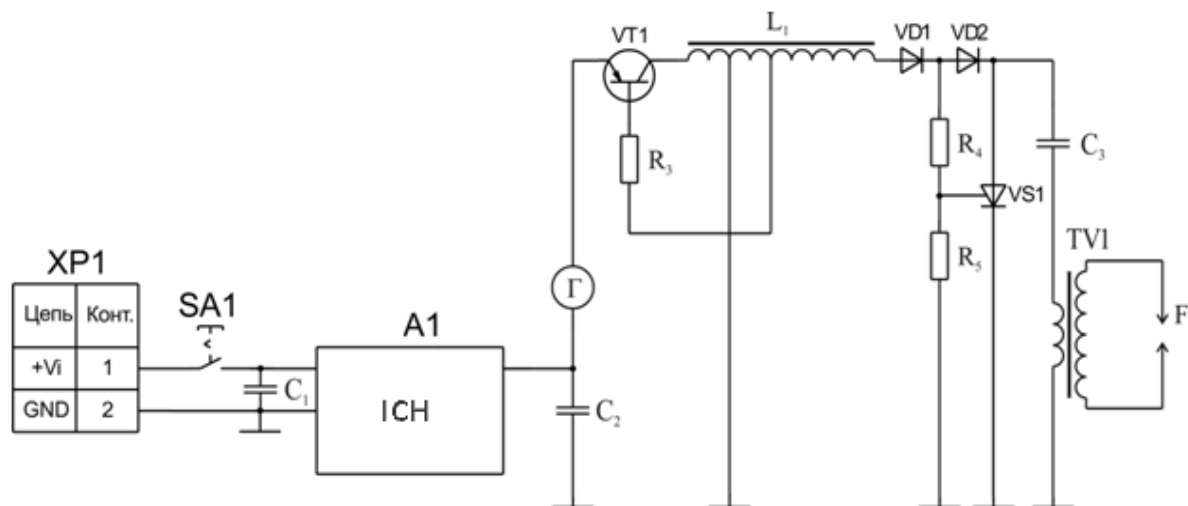


Рис. 6. Схема високовольтного перетворювача

Для включення приладу в схемі передбачена кнопка SA1. На елементах VT1, R3, L1, VD1, VD2, VS1, C3 та первинній обмотці трансформатора TV1 зібрано автогенератор, у ході роботи якого на вторинній обмотці трансформатора напруги TV1 створюється напруга, достатня для пробую розрядника F1.

У схемі пропонується використати біполярний транзистор серії S8550D та тиристор PCR606j, що працює в ключовому режимі.

На елементах C1, A1, C2 виконано стабілізатор постійної напруги, який забезпечує на виході напругу 3,3 В. В якості A1 використано модуль стабілізатора напруги імпульс-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

сної дії на мікросхемі LM2575-3.3. (рис. 7) [6]. Конденсатори C_1 , C_2 – керамічні з ємністю 47 мкФ та 330 мкФ відповідно. Для контролю величини струму в схемі передбачено гальванометр Г. Замість нього може бути використано світлодіод, який буде світитись при пробі розрядника, сигналізуючи про достатню якість склопакета.

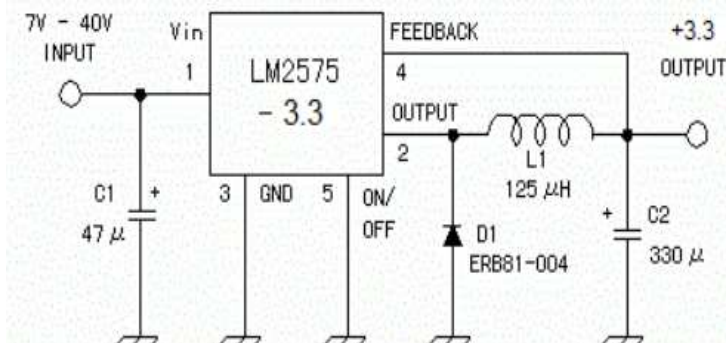


Рис. 7. Схема стабілізатора AMS1117-3.3

Трансформатор напруги – секційний, у первинній обмотці має 10 витків, виконаних мідним проводом діаметром 0,4 мм. Вторинна обмотка намотана по секціях, у кожній секції 230 витків.

Напруга в точці приєднання L_1 до VD1 становить 43 В. Ця напруга випрямляється й потрапляє до конденсатора C_3 . Після того як C_3 зарядиться, відбувається відкривання тиристора VS1 та C_3 починає розряджатись через відкритий VS1 та первинну обмотку TV1, що призводить до пробі розрядника F_1 .

Електричний розрядник (рис. 8.) складається з металевих електродів, один із яких виконано у вигляді голки, що дозволяє знизити різницю потенціалів між електродами. Положення голчатого контакту за допомогою фіксаторів можна регулювати, змінюючи відстань d між електродами. Пластиковий корпус фіксатора виконує захисну й фіксуючу ролі [7].

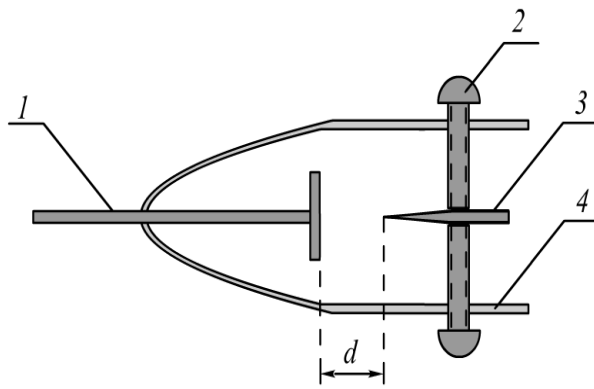


Рис. 8. Будова електричного розрядника:

1 – металевий електрод; 2 – фіксатори голки; 3 – металева голка; 4 – пластиковий корпус розрядника

Розміщується розрядник у внутрішній камері склопакета під час його виготовлення. Підвідні дроти підключають до контактних клем, виведених назовні склопакета.

Перед використанням пристрою його необхідно прокалібрувати. Оскільки для суміші аргону з повітрям електрична міцність залежить від концентрації аргону, то можна підібрати напругу на розряднику, достатню для іскрового розряду. Згідно з проведеннями дослідженнями для утворення іскрового розряду в аргоні при концентрації 95 % напруженість поля повинна бути в 1,6 раза менша, ніж у повітрі.

Спираючись на експериментальні дані, калібрування пристрою може проводитись таким чином. Спочатку необхідно встановити найбільш можливу відстань між електро-

дами, за якої відбуватиметься іскровий розряд у повітрі. Для цього треба поступово збільшувати відстань між електродами розрядника в повітрі при пропусканні струму до моменту припинення іскрового розряду.

Після цього збільшимо відстань між електродами в 1,6 раза. Отримаємо максимально можливу відстань між електродами розрядника для проходження електричного іскрового розряду в суміші аргону й повітря при гранично допустимій концентрації аргону в 95 %.

Провівши калібрування пристрою, можна проводити контроль якості склопакета. Треба зазначити, що пристрій працює лише за умови, що розрядник розміщено у внутрішній камері склопакета, а підвідні дроти виводяться назовні без порушення герметичності склопакета. Це робиться під час його виготовлення.

Для перевірки склопакета слід виконати такі дії.

1. Підключити пристрій до клем, виведених на поверхню склопакета.
2. Натиснути кнопку пуску високовольтного перетворювача.

При вмиканні пристрою іскровий розряд буде відбуватись, якщо концентрація аргону всередині склопакета буде не менше 95 %. При меншій концентрації розряд не відбуватиметься. При проходженні розряду спрацьовує вмонтований у високовольтний перетворювач гальванометр (світлодіод), який сигналізує про відповідність суміші аргону з повітрям вимогам ДСТУ.

Оскільки для різних газів енергія іонізації різна, то при заповненні склопакета іншими газами необхідно окремо підбирати достатнє значення пробивної напруги та конструкцію розрядника.

Висновки відповідно до статті. У роботі запропоновано новий метод контролю якості енергозберігаючих склопакетів, який на відміну від наявних використовує як інформаційну координату параметри газового розряду: напруга пробою, пробивна відстань, що залежать від складу газоповітряної суміші.

Отримано експериментальні залежності параметрів пробою (напруга, пробивна відстань) від концентрації аргону в повітряно-газовій суміші. Показано, що при 95 % концентрації аргону в суміші з повітрям його електрична міцність в 1,6 раза менша, ніж у повітря.

Розроблено конструкцію та схему електричну принципову пристрою експрес-контролю якості енергозберігаючих склопакетів, що має набагато меншу собівартість у порівнянні з існуючими.

Запропоновано методику контролю якості енергозберігаючих склопакетів за допомогою створеного приладу.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.2.7-107:2008. Будівельні матеріали. Склопакети клеєні будівельного призначення. [Чинний від 2009-07-08]. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. 38 с.
2. Физические величины: справочник / Л. П. Баби́чев и др.; под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. Москва: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.
3. Маринов О. И. Портативный измеритель GASGLASS V2 – Анализатор газонаполнения стеклопакетов для дверей и окон / АПРОК ИНФОЦЕНТР. 2012. URL: http://www.aprok.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=11.
4. Аналіз втрат тепла в будинку. *Енергозбереження та енергоефективність*. Теплові втрати. 2014. URL: http://energovpu7.ucoz.ua/load/tema_4/analiz_vtrat_teplo_v_budinku/14-1-0-9.
5. Збудження і іонізація атомів газу. *Stud Files*. 2015. URL: <https://studfiles.net/preview/3270192/page:7>.
6. AMS1117. *ALLDATASHEET.COM*. 2003. URL: <http://www.alldatasheet.com/view.jsp>
7. Наумчик П. І., Новик К. С. Універсальний прилад для перевірки та контролю концентрації аргону в склопакетах. *Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво (МОМ – 2017)*: матеріали тез доповідей XVII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 1-3 листопада 2017 р.) / відп. за вип. А. М. Єрошенко. Чернігів: ЧНТУ, 2017. С. 222–223.
8. Наумчик П. І., Новик К. С. Залежність електричної міцності суміші аргону і повітря від концентрації повітря. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем*

(КЗЯТПС – 2018): матеріали тез доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 10–12 травня 2018 р.): у 2 т. / відп. за вип. А. М. Єрошенко [та ін.]. Чернігів: ЧНТУ, 2018. Т. 2. С. 234–235.

References

1. DSTU B V.2.7-107:2008. Budivelni materialy. Sklopakety kleieni budivelnogo pryznachennia [DSTU B V.2.7-107: 2008. Building materials. Glass-laminate for building purposes]. [Chynnyi vid 2009-07-08 – Effective from 2009-07-08] (2009). Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy [in Ukrainian].
2. Hryhoreva I. S., Meilykhova E. Z. (1991). *Fizicheskie velichiny: spravochnyk [Physical quantities: Reference book]*. Moscow: Energoatomizdat [in Russian].
3. Marinov O. Y. Portativnyi izmeritel GASGLASS V2 – Analizator gazonapolneniia steklopaketov dlia dverei i okon [Portable GASGLASS V2 gauge, Gas-filled gauge for double-glazed windows for doors and windows] (2012). <http://www.aprok.ru>. Retrieved from http://www.aprok.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=11.
4. Analiz vtrat tepla v budynku [Analysis of heat loss in the house] (2014). *Enerhozberezhennia ta enerhoefektyvnist – Energy Saving and Energy Efficiency*. <http://energovpu7.ucoz.ua>. Retrieved from http://energovpu7.ucoz.ua/load/tema_4/analiz_vtrat_tepla_v_budynku/14-1-0-9.
5. Zbudzhennia i ionizatsiia atomiv hazu [Excitement and ionization of gas atoms] (2015). *Stud Files*. Retrieved from <https://studfiles.net/preview/3270192/page:7>.
6. AMS1117. ALLDATASHEET.COM. 2003. Retrieved from <http://www.alldatasheet.com/view.jsp>
7. Naumchyk, P. I., Novyk, K. S. (2017). Universalnyi pryklad dlia perevirky ta kontroliu kontsentratsii arhonu v sklopaketakh [Universal instrument for checking and controlling the concentration of argon in double-glazed windows]. Proceeding from *Mashynobuduvannia ochyma molodykh: prohresyvnii idei – nauka – vyrobnytstvo (MOM – 2017): materialy tez dopovidei XVIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii – Machine building by the eyes of young people: progressive ideas - science - production (IOM - 2017): materials of theses of the reports of the XVIII International Scientific and Practical Conference* (Chernihiv, November 1-3, 2017) (pp. 222-223). Chernihiv: CSTU [in Ukrainian].
8. Naumchyk, P. I., Novyk, K. S. (2018). Zalezhnist elektrychnoi mitsnosti sumishi arhonu i povitria vid kontsentratsii povitria [The dependence of the electrical strength of the mixture of argon and air on the concentration of air]. Proceeding from *Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnolohichnykh protsesiv ta system (KZiaTPS – 2018): materialy tez dopovidei VIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii – Comprehensive assurance of the quality of technological processes and systems (KJYSPSPS-2018): materials of theses of the reports of the VIII International Scientific and Practical Conference* (Chernihiv, May 10-12, 2018) (Vols. 2. Vol. 2) (pp. 234–235). Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].

UDC 69.022

Pavlo Naumchyk, Ekaterina Novik

DEVICE FOR EXPRESS CONTROL QUALITY ENERGY SAVING OF DOUBLE-GLAZED WINDOWS

Urgency of the research. It is known that to reduce the thermal conductivity fill with argon, which has low thermal conductivity, under atmospheric pressure inside a double-glazed window, and according to State standard of Ukraine [1] the air content in a double-glazed window should not exceed 15%. Since over time, part of the molecules of argon is replaced by molecules of air, thus deterioration of the thermal insulation properties, which leads to energy and financial losses. Therefore, there is a need to check the concentration of argon in the glass units.

Target setting. An important task is to produce available devices for express control quality of energy saving double-glazed windows. The principle of operation of the device is based on the fact that the electrical strength of air in conditions close to normal is approximately 1.6 times greater than that of argon. Replacing part of the molecules of argon with air molecules leads to an increase in the breakdown potentials difference.

Actual scientific researches and issues analysis. In recent studies of methods for checking the concentration of argon in a double-glazed, it is proposed to use methods of spectral analysis, as well as physical methods of analysis, which include electrochemical processes. Among them, the GASGLASS V2 device, which can check the composition of the gas contained in the double-glazed unit, but the indicated device has a high cost (7900 €) and is difficult to use. In addition, the quality of double-glazed windows is estimated according to the method described in in State standard of Ukraine.

Uninvestigated parts of general matters defining. Thus, for the use of the device proposed by us, it is necessary to know the dependence of the electrical strength of the mixture of argon and air on the concentration of air.

The formulation of the problem. Conduct research on the dependence of the electrical strength mixture of the argon and air to the concentration of air, and offer a model of a simple and affordable device for concentration of argon in the double-glazed unit.

The statement of basic materials. To carry out an experimental study, we assembled an installation that includes a vacuum plate, a vacuum pump, an electroforming machine, an arrester, a voltmeter, and a balloon filled with argon.

During the experiment, with the help of a caliper, it was established at which the smallest distance was the spark electrical discharge between the discharge bullets of the electroforming machine and measured the discharge voltage. It should be noted that the spark discharge between the balls of the electroforming machine occurred at a much lesser distance, than between the bullets of the arrester, which placed under the lid of the vacuum plate with argon.

In total, 6 series of experiments were conducted for different concentrations. According to the data, a graph of the dependence of electrical strength on the concentration of air in argon, which can be used to calibrate the unit for assessing the quality of the double-glazed windows, was constructed.

The structure and principle of the device for controlling the concentration of argon have been analyzed. It was determined that the device should contain the following parts: contact electrodes, indicator of current, a button for launching a high-voltage generator, electric discharger and the stabilizer AMS1117-3.3.

Conclusions. During the experiment, the dependence of electrical strength in real-time was established with the help of theoretical and experimental research on the developed methodology, using the installation for the experiment. Also, the dependence of the spark discharge on the concentration of argon on the graph was plotted.

Keywords: express control; electrical discharge; measuring transducer.

Fig.: 8. References: 8.

Наумчик Павло Іванович – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, метрології та фізики, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Naumchik Pavlo – PhD in Education, Associated Professor of Information and measuring technologies, metrology and physics department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: naumchick.pavel@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3681-0887>

Новик Катерина Сергіївна – студентка кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, метрології та фізики, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Novik Ekaterina – student of Information and measuring technologies, metrology and physics department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: ekaterinanovik965@gmail.com

Євген Бардик, Олександр Бондаренко

ОЦІНКА РЕЖИМНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСУ РИЗИКУ ПРИ ВІДМОВАХ ВУЗЛІВ НАВАНТАЖЕННЯ З ВІДПОВІДАЛЬНИМИ СПОЖИВАЧАМИ

Актуальність теми дослідження. Наразі існує стійка тенденція підвищення аварійності в електроенергетичних системах (ЕЕС) України та інших промислово розвинених країнах, внаслідок старіння і вичерпання ресурсу працездатності електрообладнання, несприятливих погіршень кліматичних умов, лібералізації електроенергетики й інших причин. Тому виникає необхідність розробки математичних моделей і створення програмного забезпечення для визначення кількісних показників ризику порушення електропостачання відповідальних споживачів внаслідок відмов електрообладнання ЕЕС.

Постановка проблеми. Зазвичай для забезпечення надійності ЕЕС її проектують таким чином, щоб відключення одного або декількох елементів при проходженні максимуму навантаження не призводило до неприпустимих відхилень режимних параметрів або зменшення навантаження споживачів (критерій N-1). Даний підхід є детерміністичним, оскільки не враховує імовірність виникнення аварійних ситуацій і не дає кількісної характеристики надійності ЕЕС. В умовах розвитку ринкових відносин в електроенергетиці України, коли загострюється проблема забезпечення надійності і вона розглядається як послуга, її кількісна оцінка на основі визначення ризику є більш об'єктивною і повною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті останні публікації, які присвячені питанню розробки моделей оцінки технічного стану, визначенню імовірності відмови електрообладнання та аналізу ризиків в складних електроенергетичних системах.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Незважаючи на значну кількість робіт присвячених аналізу режимної надійності ЕЕС, існує задача комплексного моделювання технічного стану електрообладнання і режимів ЕЕС для визначення індексу ризику, як інтегрального показника функціонування ЕЕС, котрий визначається величиною критичності відмови окремих підсистем, яка залежить від їх імовірності відмови, терміну відновлення та важкості збитків.

Постановка завдання. Метою роботи є створення нечіткої математичної моделі, алгоритму і програмного забезпечення для визначення індексу ризику порушення режиму ЕЕС при відмовах окремих підсистем з відповідальними споживачами.

Виклад основного матеріалу. Запропоновано при оцінці режимної надійності ЕЕС використовувати інтегральний індекс ризику функціонування, рівень якого суттєво залежить від критичності відмов окремих підсистем ЕЕС і, зокрема, вузлів зі споживачами різного характеру і категорії. Для вирішення цих задач побудована нечітка математична модель та алгоритм агрегованої оцінки індексу ризику ЕЕС при відмовах окремих підсистем. Для тестової схеми ЕЕС отримано кількісні характеристики ризику експлуатації ЕЕС при відмовах електрообладнання і вузлів навантаження з відповідальними споживачами.

Висновки відповідно до статті. Оцінку режимної надійності сучасних ЕЕС доцільно визначати на основі інтегрального індексу ризику функціонування. Запропоновано нечітку математичну модель та алгоритм агрегованої оцінки індексу ризику ЕЕС при відмовах окремих вузлів навантаження внаслідок відмов електрообладнання ЕЕС. Проведене комплексне моделювання технічного стану електрообладнання і режимів ЕЕС щодо визначення критичності відмов окремих підсистем з відповідальними споживачами.

Ключові слова: надійність; електроенергетична система; індекс ризику; нечітка логіка; відмови.

Табл.: 2. Рис.: 8. Бібл.: 18.

Актуальність теми дослідження. Функціонування електроенергетики в сучасних умовах супроводжується ризиками, які супроводжуються значними, іноді катастрофічними наслідками. В зв'язку з цим є актуальним аналіз усіх ризиків енергокомпаній – одного з найбільш важливих показників господарської діяльності [1; 2; 3; 4].

З розвитком ринкових відносин в електроенергетичній галузі зростає економічна відповідальність енергетичних компаній за порушення нормального режиму роботи енергосистеми і зниження якості електроенергії, що передається споживачеві. Тому енергетичні компанії зацікавлені в забезпеченні надійної роботи системи електропостачання. В основі такої зацікавленості лежить тиск ринку, зростання конкуренції, мотивація в економії витрат і зниження рівня резервів, що впливає на надійність функціонування обладнання [5; 6]. Наразі існують три основні чинники, що впливають на надійність системи електропостачання. Це – зростання навантаження, знос основних фондів і лібералізація електроенергетики [4]. Знос основних фондів нині є найважливішою проблемою енергетики, від вирішення якої залежить надійність її функціонування.

Вищеперераховані фактори сприяють перш за все підвищенню ризику виникнення аварійних ситуацій в ЕЕС з порушенням електропостачання споживачів, що підтвер-

джується і статистичним аналізом аварійності в ЕЕС України й інших промислово розвинених країн. Прикладом таких аварій є також низка крупних аварій в електроенергетичних системах Північної Америки і Західної Європи, аварія в московській енергосистемі внаслідок чого на тривалий термін було порушено електропостачання споживачів.

У зв'язку з цим існує необхідність побудови математичних моделей і створення програмного забезпечення для оцінки ризику ЕЕС при відмовах електрообладнання й систем електропостачання споживачів унаслідок збурень.

Постановка проблеми. Зазвичай для забезпечення надійної роботи ЕЕС її проєктують таким чином, щоб відключення одного або декількох елементів у нормальному режимі при максимальних навантаженнях не викликало неприпустимих перевантажень інших елементів або необхідності зменшення навантаження [4; 7; 8]. Якщо критерій $N-i$ виконується в усіх розрахункових режимах, вважається, що ЕЕС є надійною. Інакше планується застосування відповідних заходів для забезпечення виконання встановлених нормативів.

Даний детерміністичний підхід до оцінювання показників надійності ЕЕС вимагає прийняття імовірності причини виникнення аварії рівною одиниці. При цьому як розрахункове збурення обирається найбільш несприятливий сценарій розвитку аварії [4; 8].

До його недоліків слід віднести: неврахування ефекту імовірності відмови об'єкта та невизначення подій та умов відмови об'єкта. Як наслідок, рішення, які ґрунтуються на детерміністичному підході, можуть визначити суттєво занижену або завищену величину ризику, що призведе до прийняття необґрунтованих рішень [5; 9].

Більш перспективним підходом до оцінки режимної надійності функціонування ЕЕС є підхід, згідно з яким аналізуються аварійні відключення елементів ЕЕС з визначенням імовірнісних характеристик таких подій та наслідків. З розвитком ринкових відносин в електроенергетиці України, за яких надійність розглядається як послуга, яка має кількісні характеристики, оцінка надійності імовірнісним методом є більш об'єктивною і повною.

Прийняття обґрунтованих рішень для забезпечення надійної роботи підсистеми ЕЕС вимагає комплексного підходу, який би враховував об'єктивно існуючі найбільш суттєві фактори: імовірність відмов електрообладнання; стохастичний характер режиму підсистеми ЕЕС; економічні й екологічні наслідки; неповнота та неточність інформації.

Світові тенденції розвитку методів і засобів забезпечення надійності роботи підсистеми ЕЕС, свідчать про зростання ролі ризик-менеджменту при прийнятті управлінських рішень [5; 10]. Застосування стратегії ризик-менеджменту при керуванні ЕЕС потребує використання ризику як інтегрального показника надійності підсистеми ЕЕС.

Кількісно ризик R визначають, як деяку комбінацію величини події A і міри можливості її появи q [4; 5]:

$$R(t) = \varphi(A(t), q(t)) \quad (1)$$

Складність оцінки ризику $R(t)$ в основному виникає при визначенні міри можливості появи події q , у ролі якої часто використовують імовірність події.

У складних ЕЕС, які містять велику кількість різноманітного електрообладнання зі значним рівнем зношеності для визначення імовірнісної складової ризику найбільш доцільним є використання методів імовірнісно-статистичного моделювання (метод Монте-Карло) [8; 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні є багато робіт, присвячених питанню розробки моделей оцінки технічного стану, визначенню імовірності відмови електрообладнання та аналізу ризиків в складних електроенергетичних системах. Моделювання режимів ЕЕС для визначення кількісних показників ризику виникнення ава-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

рійних ситуацій при відмовах електрообладнання розглянуто в [7, 12]. Але питання аналізу режимів ЕЕС не розглядається достатньою мірою.

У [12] представлені результати дослідження підходу для прийняття обґрунтованих рішень для забезпечення надійної роботи ЕЕС. Але не враховується випадковість відмови електрообладнання, стохастичний характер режиму ЕЕС, можливий сценарій розвитку аварійної ситуації, економічні і екологічні наслідки, неповнота і нечіткість інформації.

У [1; 6] наведено результати оцінки технічного стану електрообладнання ЕЕС та його застосування в математичних моделях відмов для вирішення задач визначення надійності підсистем ЕЕС. Але не розглянуті питання оцінки режимної надійності при відмовах електрообладнання та не дається оцінка можливих збитків.

У [9] розглянуті питання оцінки ризику в ЕЕС при відмовах електрообладнання з врахуванням пріоритету виведення з експлуатації окремих одиниць та груп електрообладнання але не оцінюється вплив відмови вузлів навантаження на інтегральний індекс ризику ЕЕС.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Незважаючи на значну кількість робіт присвячених аналізу режимної надійності ЕЕС існує задача комплексного моделювання технічного стану електрообладнання і режимів ЕЕС для визначення індексу ризику, як інтегрального показника функціонування ЕЕС, що визначається величиною критичності відмови окремих підсистем, яка залежить від імовірності відмови, терміну відновлення та важкості збитків.

Постановка завдання. Метою роботи є створення нечіткої математичної моделі, алгоритму і програмного забезпечення для визначення індексу ризику порушення режиму ЕЕС при відмовах окремих підсистем з відповідальними споживачами.

Виклад основного матеріалу. В якості показника, що характеризує рівень режимної надійності, як зазначено, доцільно використовувати індекс ризику, міра якого суттєво залежить від критичності відмов окремих підсистем ЕЕС і, зокрема, вузлів зі споживачами різного характеру і категорії.

Параметрами, які визначають критичність відмови окремих підсистем ЕЕС є: імовірність відмови P_{BH} (неприпустиме зниження напруги у вузлі навантаження), збитки від порушення електропостачання споживачів $Z_{СЕП}$, термін відновлювання нормального режиму підсистеми ЕЕС і ЕЕС в цілому T_{BC} , тобто $R_{ЕЕС}^I = f(P_{BH}, Z_{СЕП}, T_{BC})$

Відсутність в достатній мірі кількісної інформації, щодо стану електрообладнання і режимів ЕЕС не дозволяє забезпечити вимоги щодо точності і достовірності отриманих результатів аналізу ризику.

Це вимагає використання для аналізу ризиків при відмовах електрообладнання й окремих підсистем ЕЕС як кількісної та і якісної інформації, що потребує, використання апарату нечіткої логіки, який дозволяє оцінити рівень критичності відмови і упорядкувати множину відмов за величиною потенційного ризику [13; 14].

Лінгвістичні вхідні змінні нечіткого логічного висновку для визначення рівня ризику експлуатації ЕЕС при відмовах окремих підсистем (вузлів навантаження) є такими:

- імовірність неприпустимого зниження напруги ($U_{BH} \leq U_{BH}^{don}$) у вузлі навантаження P_{BH} з терм-множинами: T_{BH}^L – низький; T_{BH}^M – середній; T_{BH}^B – великий.

- збитки в ЕЕС внаслідок порушення електропостачання споживачів $Z_{СЕП}$ з терм-множинами: $T_{СЕП}^L$ – низький; $T_{СЕП}^M$ – середній; $T_{СЕП}^B$ – великий.

- термін відновлення ЕЕС після порушення електропостачання споживачів вузла навантаження T_{BC} з терм-множинами: T_{BC}^L – низький; T_{BC}^M – середній; T_{BC}^B – великий.

Як вихідну лінгвістичну змінну приймаємо інтегральний індекс ризику ЕЕС при відмові окремих підсистем (вузлів навантаження) при неприпустимому зниженні на-

пруги R_{EEC}^I з терм-множинами: T_{RI}^{VL} – дуже низький; T_{RI}^L – низький; T_{RI}^M – середній; T_{RI}^B – великий; T_{RI}^{VB} – дуже великий. Аналітичні вирази функції належності термів T_{RI} (універсальний класифікатор) наведені в [15].

Графік функції належності вихідної лінгвістичної змінної «Інтегральний індекс ризику ЕЕС» наведений на рис. 1.

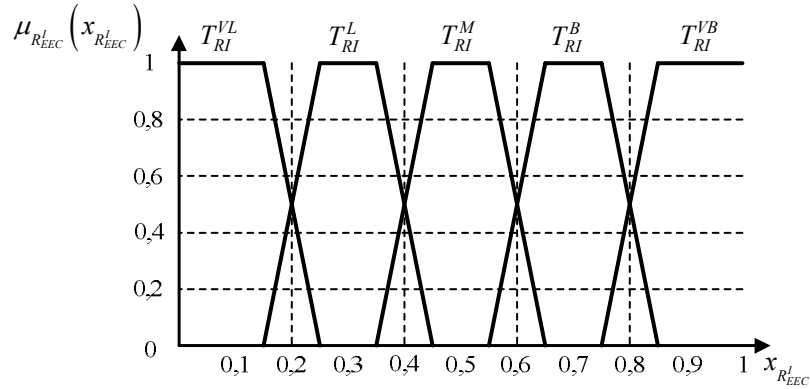


Рис. 1. Графік функції належності вихідної лінгвістичної змінної «Інтегральний індекс ризику ЕЕС»

База правил що визначає індекс ризику ЕЕС в залежності від імовірності відмови системи електропостачання, рівня збитків та терміну відновлення має вигляд (табл.1):

Таблиця 1

База правил для визначення індексу ризику ЕЕС

T_{BH}^L			
$Z_{СЕП}$	$T_{СЕП}^L$	$T_{СЕП}^M$	$T_{СЕП}^B$
T_{BC}^L	T_{RI}^{VL}	T_{RI}^L	T_{RI}^L
T_{BC}^M	T_{RI}^{VL}	T_{RI}^M	T_{RI}^M
T_{BC}^B	T_{RI}^L	T_{RI}^M	T_{RI}^B
T_{BH}^M			
$Z_{СЕП}$	$T_{СЕП}^L$	$T_{СЕП}^M$	$T_{СЕП}^B$
T_{BC}^L	T_{RI}^L	T_{RI}^M	T_{RI}^M
T_{BC}^M	T_{RI}^L	T_{RI}^M	T_{RI}^B
T_{BC}^B	T_{RI}^M	T_{RI}^M	T_{RI}^{VB}
T_{BH}^B			
$Z_{СЕП}$	$T_{СЕП}^L$	$T_{СЕП}^M$	$T_{СЕП}^B$
T_{BC}^L	T_{RI}^L	T_{RI}^M	T_{RI}^B
T_{BC}^M	T_{RI}^M	T_{RI}^M	T_{RI}^B
T_{BC}^B	T_{RI}^M	T_{RI}^B	T_{RI}^{VB}

Для визначення імовірнісної складової ризику по заданій моделі функціонування ЕЕС [9; 11] використано математичне і програмне забезпечення "RISK-ЕЕС". За допомогою статистичного моделювання імітується випадковий процес змінення стану елек-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

тричної мережі, який визначається станом працездатності елементів і зміненням навантаження на розрахунковому інтервалі часу спостереження. Математична модель відмов окремих елементів електрообладнання описані в [14; 16; 17].

Математична модель і алгоритм (рис. 2) оцінки ризику виникнення аварійних ситуацій при відмовах електрообладнання докладно описані в [9].

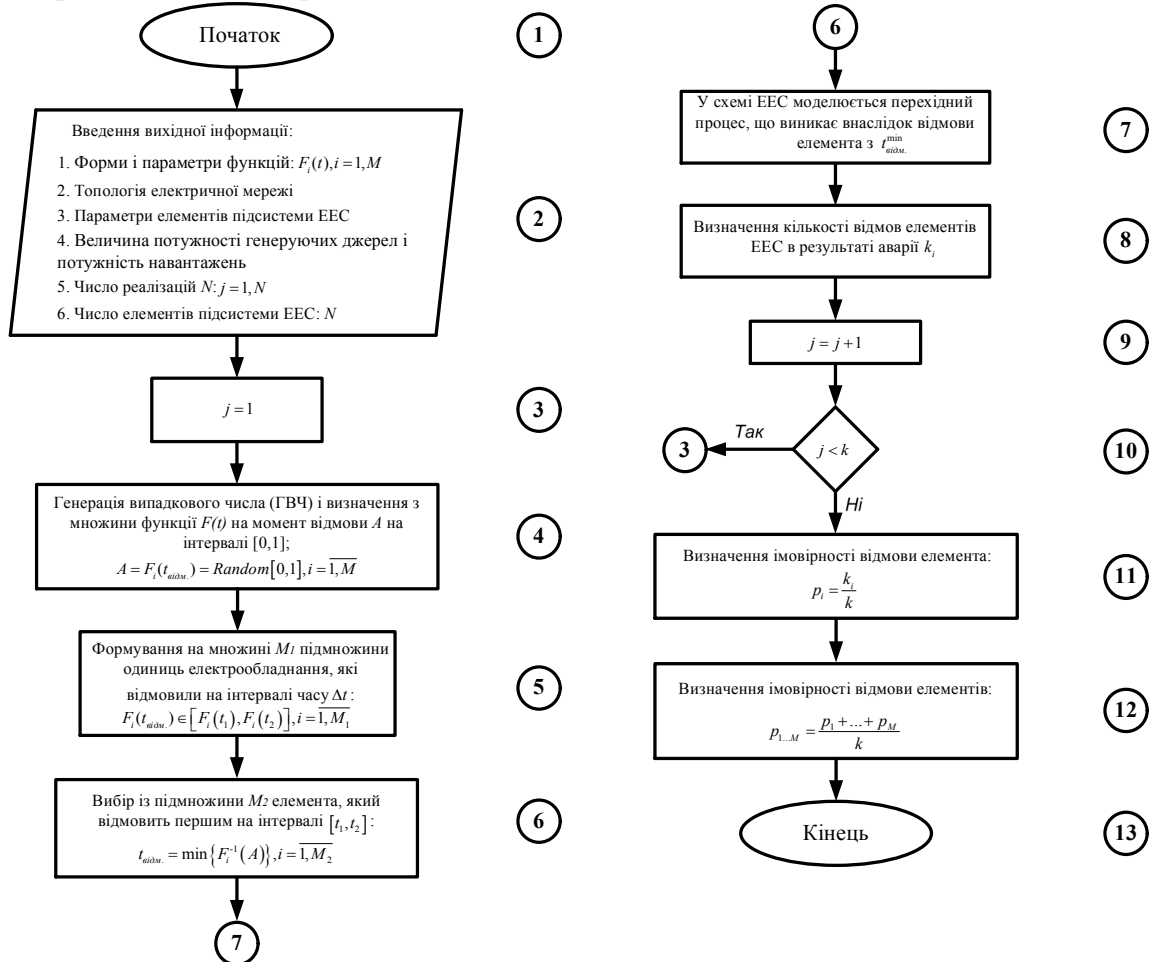


Рис. 2. Алгоритм оцінки виникнення аварійної ситуації в ЕЕС у разі відмови електрообладнання

Розглянутий алгоритм визначення ризику виникнення аварійної ситуації в ЕЕС у разі відмови електрообладнання представлено для випадку, коли множина аварійних ситуацій складається з однієї події: неприпустиме зниження напруги у вузлі навантаження ($U_{BH} \leq 0,7 \pm 0,8 \cdot U_{ном. BH}$).

Модельно-експериментальні розрахунки. Для визначення кількісних показників індексу ризику ЕЕС при відмовах в підсистемах ЕЕС, що містять вузли навантаження з відповідальними споживачами використовувалась тестова схема електричних з'єднань електричної мережі ЕЕС (рис. 3) напругою 110...750 кВ, що містить: ТЕЦ № 1 потужністю 200 МВт, № 2 потужністю 800 МВт, № 3 – 600 МВт, № 4 – 189 МВт; ТЕС № 1 потужністю 1800 МВт; ГЕС № 1 потужністю 370 МВт. Вона містить: 28 вузлів і 65 гілок, серед яких 19 блочних трансформатори і 16 автотрансформаторів (Т-1,...,Т-18, АТ-1,...,АТ-16); ЛЕП – 110 кВ (L-702-748,...,L-737-748) – 8; ЛЕП – 330 кВ (L-701-733,...,L-731-733) – 20; ЛЕП-750 кВ (L-703 – L-772) – 1.

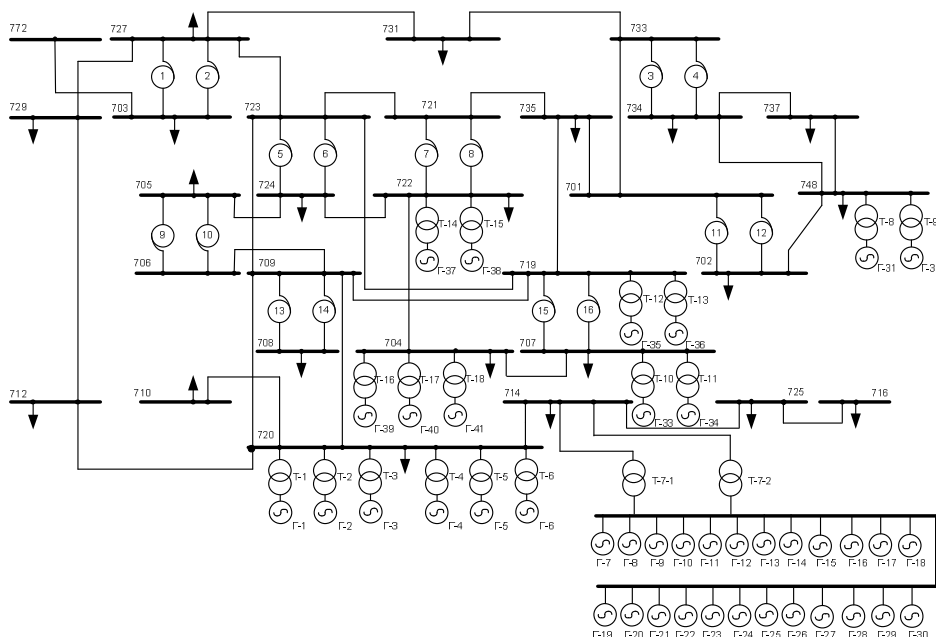


Рис. 3. Тестова схема ЕЕС

У розглянутій схемі для визначення кількісних показників індексу ризику ЕЕС при відмовах в підсистемах, що містять вузли навантаження з відповідальними споживачами за допомогою програмного забезпечення було розраховано 500 режимів з використанням алгоритму і програми імовірно-статистичного моделювання (рис 2.).

Режимні параметри тестової схеми змінюються в таких діапазонах:

1. Напряга у вузлі № 703 змінюється в діапазоні: $[0,95;1,05]$ $U_{ном}$
2. Потужності у вузлах навантаження змінюються в наступних діапазонах: $[0,85;1,15]$ $P_{наг}$; $[0,85;1,15]$ $Q_{наг}$.
3. Потужності у вузлах генерації змінюються в наступних діапазонах: $[0,85;1,15]$ $P_{ген}$; $[0,85;1,15]$ $Q_{ген}$.

Як аварійна ситуація розглядається неприпустиме зниження напруги ($U_{ВН} \leq 0,7 \pm 0,8 \cdot U_{ном.ВН}$) у відповідальних споживачів розташованих у вузлах 702 (металургійний завод), 708 (трубопрокатний завод), 716 (нафтопереробний завод), 727 (завод важкого машинобудування) та 734 (завод залізобетонних виробів).

Результати статистичного моделювання режиму роботи тестової схеми ЕЕС у вихідному стані для оцінки імовірності неприпустимого зниження напруги у споживачів при відмовах електрообладнання на інтервалі часу спостереження 1 рік показані на рис. 4.

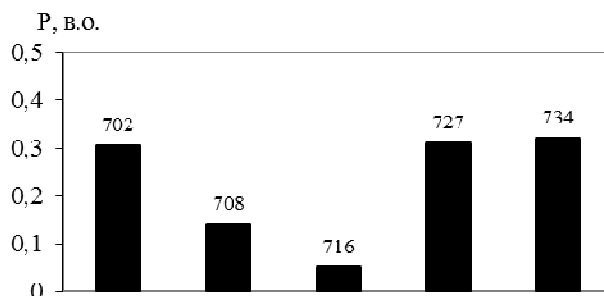


Рис. 4. Гістограма розподілу імовірності неприпустимого зниження напруги у споживачів по вузлах розрахункової схеми на інтервалі часу спостереження 1 рік

Для побудови функцій належності вхідних лінгвістичних змінних використали метод викладений у [15], який ґрунтується на застосуванні експертних оцінок і на відміну

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

від методу парних порівнянь Сааті [13] не потребує розв'язку характеристичного рівняння для визначення елементів власного вектора.

Функції належності визначимо для термів лінгвістичних змінних: "Імовірність неприпустимого зниження напруги у вузлі навантаження", "Збитки в ЕЕС внаслідок порушення електропостачання споживачів", "Термін відновлення ЕЕС після порушення електропостачання споживачів вузла навантаження", що містить потужний нафтопереробний завод (або інше підприємство).

«Імовірність неприпустимого зниження напруги у вузлі навантаження» визначимо на універсальній множині $P_{BH} = [0,1]$ з нечіткими термами $T_{BH}^L, T_{BH}^M, T_{BH}^B$. Сформуємо матриці, які відобразять парні порівняння різних значень лінгвістичної змінної з погляду їх близькості до відповідних термів для п'яти інтервалів: $x_{P_{BH}}^1 = [0;0,2]$; $x_{P_{BH}}^2 = [0,2;0,4]$; $x_{P_{BH}}^3 = [0,4;0,6]$; $x_{P_{BH}}^4 = [0,6;0,8]$; $x_{P_{BH}}^5 = [0,8;1]$. Матриці парних порівнянь для відповідних нечітких термів, $x_{P_{BH}}^i, i = 1...5$ мають вигляд:

$$T_{BH}^L = \begin{pmatrix} 1 & 8/9 & 5/9 & 3/9 & 2/9 & 1/9 \\ 9/8 & 1 & 5/8 & 3/8 & 2/8 & 1/8 \\ 9/5 & 8/5 & 1 & 3/5 & 2/5 & 1/5 \\ 9/3 & 8/3 & 5/3 & 1 & 2/3 & 1/3 \\ 9/2 & 8/2 & 5/2 & 3/2 & 1 & 1/2 \\ 9 & 8 & 5 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, T_{BH}^M = \begin{pmatrix} 1 & 8/5 & 9/5 & 9/5 & 8/5 & 1 \\ 5/8 & 1 & 9/8 & 9/8 & 1 & 5/8 \\ 5/9 & 8/9 & 1 & 1 & 8/9 & 5/9 \\ 5/9 & 8/9 & 1 & 1 & 8/9 & 5/9 \\ 5/8 & 1 & 9/8 & 9/8 & 1 & 5/8 \\ 1 & 8/5 & 9/5 & 9/5 & 8/5 & 1 \end{pmatrix}, T_{BH}^B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 5 & 8 & 9 \\ 1/2 & 1 & 3/2 & 5/2 & 8/2 & 9/2 \\ 1/3 & 2/3 & 1 & 5/3 & 8/3 & 9/3 \\ 1/5 & 2/5 & 3/5 & 1 & 8/5 & 9/5 \\ 1/8 & 2/8 & 3/8 & 5/8 & 1 & 9/8 \\ 1/9 & 2/9 & 3/9 & 5/9 & 8/9 & 1 \end{pmatrix} \tag{2}$$

Графік функції належності вхідної лінгвістичної змінної «Імовірність відмови системи електропостачання нафтопереробного заводу» наведено на рис. 5.

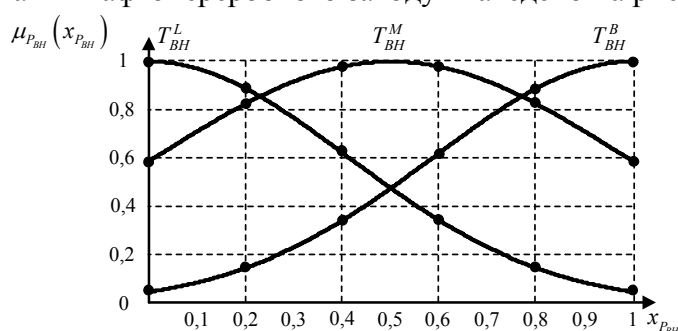


Рис. 5. Графік функції належності вхідної лінгвістичної змінної «Імовірність відмови системи електропостачання нафтопереробного заводу»

«Збитки в ЕЕС внаслідок порушення електропостачання нафтопереробного заводу» визначимо на універсальній множині $Z_{СЕП} = [0,150000\$]$ з нечіткими термами $T_{СЕП}^L, T_{СЕП}^M, T_{СЕП}^B$. Сформуємо матриці, які відобразять парні порівняння різних значень лінгвістичної змінної з погляду їх близькості до відповідних термів для п'яти інтервалів: $x_{Z_{СЕП}}^1 = [0\$;30000\$]$; $x_{Z_{СЕП}}^2 = [30000\$;60000\$]$; $x_{Z_{СЕП}}^3 = [60000\$;90000\$]$;

$x_{Z_{СЕП}}^4 = [90000\$;120000\$]$; $x_{Z_{СЕП}}^5 = [120000\$;150000\$]$. Матриці парних порівнянь для відповідних нечітких термів, $x_{Z_{СЕП}}^i$, $i = 1...5$ мають вигляд:

$$T_{СЕП}^L = \begin{pmatrix} 1 & 7/9 & 5/9 & 4/9 & 2/9 & 1/9 \\ 9/7 & 1 & 5/7 & 4/7 & 2/7 & 1/7 \\ 9/5 & 7/5 & 1 & 4/5 & 2/5 & 1/5 \\ 9/4 & 7/4 & 5/4 & 1 & 2/4 & 1/4 \\ 9/2 & 7/2 & 5/2 & 4/2 & 1 & 1/2 \\ 9 & 7 & 5 & 4 & 2 & 1 \end{pmatrix}, T_{СЕП}^M = \begin{pmatrix} 1 & 7/5 & 9/5 & 9/5 & 7/5 & 1 \\ 5/7 & 1 & 9/7 & 9/7 & 1 & 5/7 \\ 5/9 & 7/9 & 1 & 1 & 7/9 & 5/9 \\ 5/9 & 7/9 & 1 & 1 & 7/9 & 5/9 \\ 5/7 & 1 & 9/7 & 9/7 & 1 & 5/7 \\ 1 & 7/5 & 9/5 & 9/5 & 7/5 & 1 \end{pmatrix},$$

$$T_{СЕП}^B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 & 5 & 7 & 9 \\ 1/2 & 1 & 4/2 & 5/2 & 7/2 & 9/2 \\ 1/4 & 2/4 & 1 & 5/4 & 7/4 & 9/4 \\ 1/5 & 2/5 & 4/5 & 1 & 7/5 & 9/5 \\ 1/7 & 2/7 & 4/7 & 5/7 & 1 & 9/7 \\ 1/9 & 2/9 & 4/9 & 5/9 & 7/9 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Графік функції належності вхідної лінгвістичної змінної «Збитки в ЕЕС внаслідок порушення електропостачання нафтопереробного заводу» наведено на рис. 6.

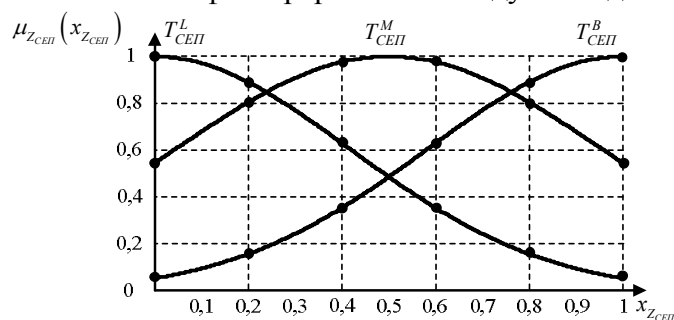


Рис. 6. Графік функції належності вхідної лінгвістичної змінної «Збитки в ЕЕС внаслідок порушення електропостачання нафтопереробного заводу»

"Термін відновлення ЕЕС після порушення електропостачання нафтопереробного заводу" визначимо на універсальній множині $T_{BC} = [0,40 \text{ год}]$ з нечіткими термами T_{BC}^L , T_{BC}^M , T_{BC}^B . Сформуємо матриці, які відображатимуть парні порівняння різних значень лінгвістичної змінної з погляду їх близькості до відповідних термів для п'яти інтервалів: $x_{T_{BC}}^1 = [0 \text{ год}, 8 \text{ год}]$; $x_{T_{BC}}^2 = [8 \text{ год}, 16 \text{ год}]$; $x_{T_{BC}}^3 = [16 \text{ год}, 24 \text{ год}]$; $x_{T_{BC}}^4 = [24 \text{ год}, 32 \text{ год}]$; $x_{T_{BC}}^5 = [32 \text{ год}, 40 \text{ год}]$. Матриці парних порівнянь для відповідних нечітких термів, $x_{T_{BC}}^i$, $i = 1...5$ мають вигляд:

$$T_{BC}^L = \begin{pmatrix} 1 & 7/9 & 6/9 & 5/9 & 3/9 & 1/9 \\ 9/7 & 1 & 6/7 & 5/7 & 3/7 & 1/7 \\ 9/6 & 7/6 & 1 & 5/6 & 3/6 & 1/6 \\ 9/5 & 7/5 & 6/5 & 1 & 3/5 & 1/5 \\ 9/3 & 7/3 & 6/3 & 5/3 & 1 & 1/3 \\ 9 & 7 & 6 & 5 & 3 & 1 \end{pmatrix}, T_{BC}^M = \begin{pmatrix} 1 & 7/6 & 9/6 & 9/6 & 7/6 & 1 \\ 6/7 & 1 & 9/7 & 9/7 & 1 & 6/7 \\ 6/9 & 7/9 & 1 & 1 & 7/9 & 6/9 \\ 6/9 & 7/9 & 1 & 1 & 7/9 & 6/9 \\ 6/7 & 1 & 9/7 & 9/7 & 1 & 6/7 \\ 1 & 7/6 & 9/6 & 9/6 & 7/6 & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

$$T_{BC}^B = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 6 & 7 & 9 \\ 1/3 & 1 & 5/3 & 6/3 & 7/3 & 9/3 \\ 1/5 & 3/5 & 1 & 6/5 & 7/5 & 9/5 \\ 1/6 & 3/6 & 5/6 & 1 & 7/6 & 9/6 \\ 1/7 & 3/7 & 5/7 & 6/7 & 1 & 9/7 \\ 1/9 & 3/9 & 5/9 & 6/9 & 7/9 & 1 \end{pmatrix}$$

Графік функції належності вхідної лінгвістичної змінної «Термін відновлення ЕЕС після порушення електропостачання нафтопереробного заводу» наведено на рис. 7.

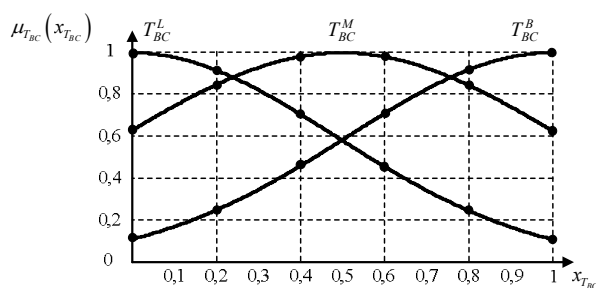


Рис. 7. Графік функції належності вхідної лінгвістичної змінної «Термін відновлення ЕЕС після порушення електропостачання нафтопереробного заводу»

Визначимо інтегральний індекс ризику порушення електропостачання нафтопереробного заводу й інших споживачів з врахуванням трьох вхідних змінних.

За результатами ІСМ режимів системи імовірність відмови вузла навантаження з нафтопереробним заводом, що підключений до вузла навантаження 716 з попереднього розрахунку становить $P_{BH} = 0,05$ (в.о.). Приймаємо прогнозовану величину рівня збитків $Z_{СЕП} = 0,918$ (в.о.) та терміну відновлення $T_{BC} = 0,2$ (в.о.).

З використанням бази правил (табл. 1), функцій належності вхідних та вихідних лінгвістичних змінних (рис. 1, 5, 6, 7) на основі нечіткого логічного висновку за алгоритмом Мамдані у відповідності з наближеною модифікацією метода центра ваги [18] визначимо інтегральний індекс ризику порушення електропостачання нафтопереробного заводу.

Фрагмент процедури нечіткого логічного висновку за алгоритмом Мамдані представлено на рис. 8.

У відповідності з наближеною модифікацією інтегральний індекс ризику ЕЕС визначається:

$$R_{EEC}^I = \frac{\sum_{i=1}^k \mu_{R_{EECk}^I}(x_{R_{EEC}^I}) \cdot x_{R_{EEC}^I}}{\sum_{i=1}^k \mu_{R_{EECk}^I}(x_{R_{EEC}^I})}, \tag{5}$$

де k – кількість правил;

У результаті розрахунків інтегральний індекс ризику порушення електропостачання нафтопереробного заводу складає $R_{EEC}^I = 0,508$ (в.о.), з функцією належності $\mu_{R_{EEC}^I}^M = 1$ (в.о.).

Результати визначення інтегрального індексу ризику порушення електропостачання інших споживачів з врахуванням трьох вхідних змінних наведені в табл. 2.

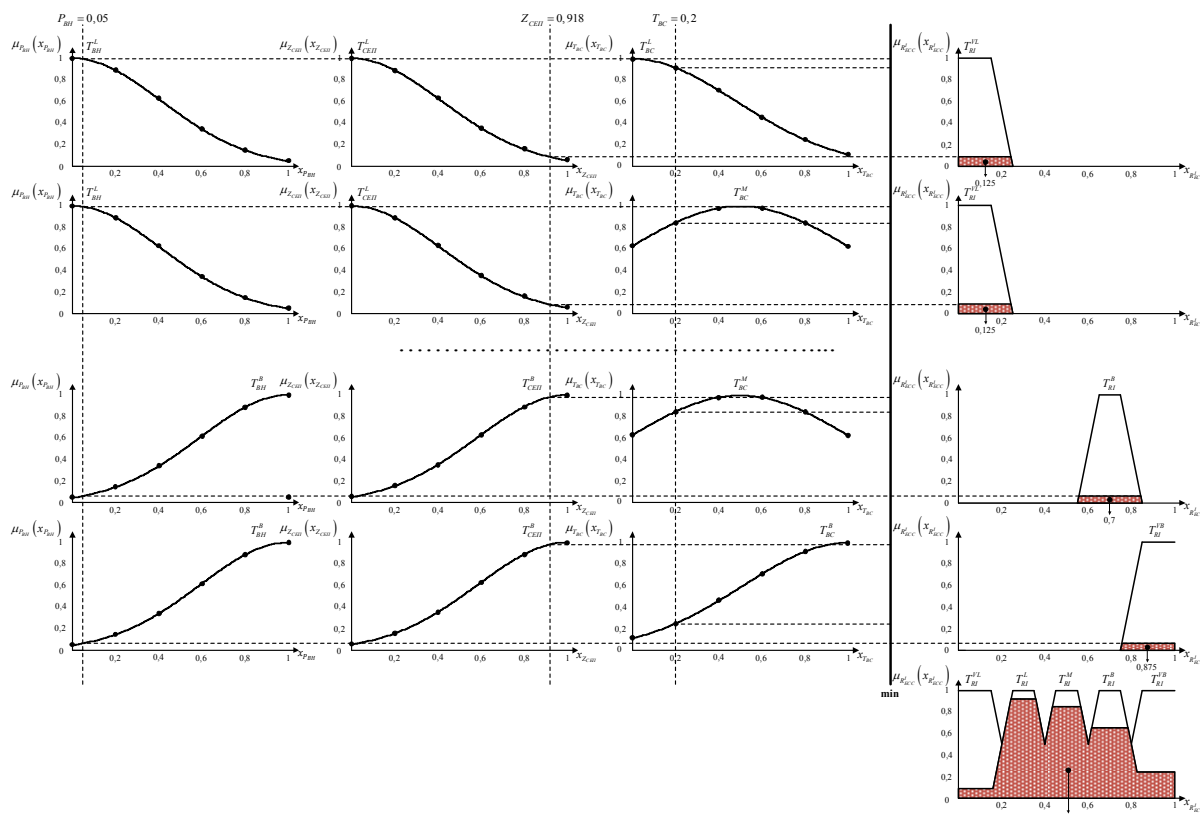


Рис. 8. Фрагмент процедури визначення інтегрального індексу ризику порушення електропостачання нафтопереробного заводу

Таблиця 2

Результати визначення інтегрального індексу ризику порушення електропостачання інших споживачів

№	Назва вузла	Споживач	Імовірність неприпустимого зниження напруги P_{BH} , (в.о.)	Прогнозована величина збитків в ЕЕС Z_{SEP} , (в.о.)	Термін відновлення ЕЕС T_{BC} , (в.о.)	Інтегральний індекс ризику ЕЕС R_{EEC}^I , (в.о.)	Значення вихідної функції належності відповідних термів $\mu_{R_{EEC}^I}$, (в.о.)				
							$\mu_{R_{EEC}^I}^{VL}$	$\mu_{R_{EEC}^I}^L$	$\mu_{R_{EEC}^I}^M$	$\mu_{R_{EEC}^I}^B$	$\mu_{R_{EEC}^I}^{VB}$
1	702	Металургійний завод	0,304	0,767	0,4	0,543	-	-	1	-	-
2	708	Трубопрокатний завод	0,14	0,122	0,5	0,329	-	1	-	-	-
3	727	Завод важкого машинобудування	0,31	0,506	0,3	0,467	-	-	1	-	-
4	734	Завод залізобетонних виробів	0,32	0,042	0,8	0,367	-	0,17	0,83	-	-

Висновки відповідно до статті. Проведено комплексне моделювання технічного стану електрообладнання і режимів ЕЕС для оцінки ризику експлуатації електроенергетичної системи при відмовах окремих підсистем з відповідальними споживачами. Отримані результати підтверджують ефективність застосування підходу при розв'язуванні задач превентивного управління та прийняття рішень щодо забезпечення режимної надійності.

Список використаних джерел

1. Ситников В. Ф., Скопинцев В. А. Вероятностно-статистический подход к оценке ресурсов электросетевого оборудования в процессе эксплуатации. *Электричество*. 2007. №11. С. 9–15.
2. Ciapessoni E., Cirio D., Gagleoti E. A probabilistic approach for operational risk assessment of power systems. *CIGRE*. 2008. P. 4–114.
3. Костерев М. В., Бардик Є. І. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану електричних систем. Київ: НТУУ «КПІ», 2011. 148 с.
4. Ковалев Г. Ф., Лебедева Л. М. Область применения и применимость критерия N-i при формировании структуры и выбора параметров элементов ЭЭС. Иркутск: ЖЭМ СОРАН, 1999. 68 с.
5. Kosterev N. V., Bardyk E. I., Litvinov V. V. Preventive risk-management of power system for its reliability increasing. *WSEAS TRANSACTIONS on POWER SYSTEMS*. 2015. Vol. 10. P. 251–258.
6. Wang B., Watada J. A new MOPSO to solve a multi-objective portfolio selection model with fuzzy value-at-risk. *International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems*. 2011. P. 217–226. doi: 10.1007/978-3-642-23854-3_23.
7. Task on Probabilistic Aspects of Reliability Criteria of the IEEE PES Reliability, Risk and Probability Applications Subcommittee (J. McCalley's chair) "Probabilistic Security Assessment for Power System Operations." *IEEE Power Engineering Society General Meeting*. 6-10 June, 2004.
8. McCalley J., Fouad A., Vittal V., Irizarry-Rivera A., A risk-based security index for determining operating limits in stability-mediated electric power systems. *IEEE Trans. On. Pwr. Sys.* 1997. Vol. 12. No. 3. P. 1210–1219.
9. Bardyk E., Bolotnyi N. Development of a model for determining a priority sequence of power transformers out of service. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3, Issue 8 (93). P. 6–15. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133570.
10. Review on risk assessment of power system / Shiwen Y., Hui H., Chengzhi W., Hao G., Hao F. *Procedia Computer Science*. 2017. Vol. 109. P. 1200–1205. DOI: 10.1016/j.procs.2017.05.399.
11. Shiromani A. V., Smit J., Mehairjan P. Y. Monte Carlo simulation applied to support risk-based decision making in electricity distribution networks. *PowerTech IEEE Eindhoven*. 2015. P. 116–122. DOI: 10.1109/PTC.2015.7232494.
12. Handschin E., Jurgens I., Neumann C. Long term optimization for risk-oriented asset management. *16th Power Systems Computation Conference*. Glasgow. 2008. P. 1316–1322.
13. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. Москва: Горячая линия–Телеком, 2007. 288 с.
14. Bardyk E. I. Modelling and assessment of chances of failure of power systems electrical equipment taking into account the after repair resource restoration level. *Visnyk of National Mining University*. 2014. Vol. 3. P. 82–90.
15. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. Винница: Универсум - Винница, 1999. 320 с.
16. Бардик Є. І., Спотар О. С. Ідентифікація параметрів функцій розподілу імовірності відмов електрообладнання для оцінки експлуатаційного ризику електроенергетичних систем. *Відновлювана енергетика XXI століття: матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції*. Миколаївка, 2012. С. 102–105.
17. Бардик Є. І., Костерев М. В., Літвінов В. В. Оцінка імовірності відмови електрообладнання при керуванні режимами електричної системи. *Керування режимами роботи об'єктів електричних та електромеханічних систем: збірник праць V Міжнародної науково-технічної конференції*. Святогорськ, 2011. С. 199–204.
18. Терехов В. М. Фаззи-логіка в електротехніке. *Електричество*. 2000. № 11. С. 59–64.

References

1. Sitnikov, V. F., Skopintsev, V. A. (2007). Veroiatnostno-statisticheskii podkhod k otcenke resursov elektrosetevogo oborudovaniia v protcesse ekspluatatsii [Using a probabilistic-statistical approach for assessing the service life of electric network equipment during its operation]. *Elektrichestvo – Electricity*, 11, 9–15 [in Russian].
2. Ciapessoni, E., Cirio, D., Gagleoti, E. (2008). A probabilistic approach for operational risk assessment of power systems. *CIGRE*, 4–114.

3. Kosterev, N. V., Bardyk, E. I. (2011). *Pytannia pobudovy nechitkykh modelei otsinky tekhnichnoho stanu elektrychnykh system* [Questions of constructing fuzzy model of evaluation the technical condition of the objects of electrical systems]. Kyiv: NTUUKPI [in Ukrainian].
4. Kovalev, G. F., Lebedeva, L. M. (1999). *Oblast primeneniia i primenimost kriteriia N-i pri formirovanii struktury i vybora parametrov elementov EES* [Area of use and the limits of applicability of the criterion N-i in the structure formation and selection of major parameters of EPS]. Irkutsk: ZhEM SORAN [in Russian].
5. Kosterev, N. V., Bardyk, E. I., Litvinov V. V. (2015). Preventive risk-management of power system for its reliability increasing. *WSEAS TRANSACTIONS on POWER SYSTEMS*, 10, 251–258.
6. Wang, B., Watada, J. (2011). A new MOPSO to solve a multi-objective portfolio selection model with fuzzy value-at-risk. *International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems*, 217–226. doi: 10.1007/978-3-642-23854-3_23.
7. Task on Probabilistic Aspects of Reliability Criteria of the IEEE PES Reliability, Risk and Probability Applications Subcommittee (J. McCalley's chair) "Probabilistic Security Assessment for Power System Operations." – *IEEE Power Engineering Society General Meeting*. – 6-10 June, 2004.
8. McCalley, J., Fouad, A., Vittal, V., Irizarry-Rivera A. (1997). A risk-based security index for determining operating limits in stability-mediated electric power systems. *IEEE Trans. On. Pwr. Sys*, 3, 12, 1210–1219.
9. Bardyk, E., Bolotnyi, N. (2018). Development of a model for determining a priority sequence of power transformers out of service. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3, 8(93), 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2018.133570.
10. Shiwen, Y., Hui, H., Chengzhi, W., Hao, G., Hao, F. (2017). Review on risk assessment of power system. *Procedia Computer Science*, 109, 1200–1205. doi: 10.1016/j.procs.2017.05.399.
11. Shiromani, A. V., Smit, J., Mehairjan, P. Y. (2015). Monte Carlo simulation applied to support risk-based decision making in electricity distribution networks. *PowerTech IEEE Eindhoven*, 116–122. doi: 10.1109/PTC.2015.7232494.
12. Handschin, E., Jurgens, I., Neumann, C. (2008). Long term optimization for risk-oriented asset management. *16th Power Systems Computation Conference*, Glasgow, 1316–1322.
13. Shtovba, S. D. (2007). *Proektirovanie nechetkikh sistem sredstvami MATLAB* [Designing of fuzzy systems by MATLAB means]. Moscow: Hot Line–Telecom [in Russian].
14. Bardyk, E. I. (2014). Modelling and assessment of chances of failure of power systems electrical equipment taking into account the after repair resource restoration level. *Visnyk of National Mining University*, 82–90.
15. Rotshtein, A. P. (1999). *Intellektualnye tekhnologii identifikatsii: nechetkaia logika, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti* [Intellectual identification technologies: fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks]. Vinnytsia: Universum Vinnitsa [in Russian].
16. Bardyk, E. I., Spotar, O. S. (2012). *Identifikatsiia parametrov funktsii rozpodilu imovirnosti vidmov elektroobladnannia dlia otsinky ekspluatatsiinoho ryzyku elektroenerhetychnykh system* [Identification of failure probability function parameters of power equipment for power systems maintenance risk assessment], Proceeding from XIII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Vidnovliuvana enerhetyka XXI stolittia» [XII International scientific-practical conference «Renewable Energy of XXI Century»]. (pp. 102–105). Mykolaivka, Autonomous Republic of Crimea [in Ukrainian].
17. Bardyk, E. I., Kosterev, N. V., Litvinov, V. V. (2011). *Otsinka imovirnosti vidmoyv elektroobladnannia pry keruvanni rezhymamy elektrychnoi systemy* [Evaluation of probability of failure of electrical equipment in driving modes of electrical system], Proceeding from V Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Keruvannia rezhymamy roboty obektiv elektrychnykh ta elektromekhanichnykh system» [V International scientific-technical conference «Managing Objects Modes of Electrical and Electromechanical Systems»]. (pp. 199–204). Sviatohorsk, Ukraine [in Ukrainian].
18. Terekhov, V. M. (2007). *Fazzi-logika v elektrotekhnike* [Fuzzy logic in electrical engineering]. *Elektrichestvo – Electricity*, 11, 59–64 [in Russian].

Yevhen Bardyk, Oleksandr Bondarenko

ASSESSMENT OF REGIME RELIABILITY OF ELECTRIC POWER SYSTEM BASED ON THE DEFINITION OF RISK INDEX IN CASE OF FAILURE OF THE LOAD WITH RESPONSIBLE CONSUMERS

Urgency of research. Now there is a steady tendency to increase the accident rate in the electric power systems of Ukraine and other industrialized countries due to aging and exhaustion of the resource of electrical equipment, adverse degradation climatic conditions, electricity liberalization and other reasons. Therefore, it is necessary to develop mathematical models and create software for determining the quantitative indicators of risk of power supply failure of responsible consumers due to failures of electrical equipment of the EPS.

Target setting. Usually, to provide the reliability of the EPS, it is designed in such a way that the shutdown of one or more elements at maximum load does not lead to unacceptable deviations of the regime parameters or reduce the load of consumers (criterion $N-i$). This approach is deterministic, because it does not take into account the probability of accidents and does not provide a quantitative characteristics of the reliability of the EPS. In the context of the development of market relations in the power industry of Ukraine, when the problem of reliability is increasing and it is considered as a service, its quantitative assessment based on the definition of risk is more objective and complete.

Actual scientific researches and issue analysis. The latest publications on the development of models for assessing the technical condition, determining the probability of failure of electrical equipment and risk analysis in complex EPS were considered.

Uninvestigated parts of general matters defining. In spite of a significant number of papers dedicated to the analysis of the operational reliability of the EPS, there is a problem of complex modeling of the technical condition of electrical equipment and regims of the EPS to determine the risk index as an integral indicator of the operation of the EPS, which is determined by the value of the criticality of failure of individual subsystems, which depends on their probability of failure, recovery time and the severity of losses.

The research objective. The purpose of this work is to create a fuzzy mathematical model, algorithm and software to determine the index of risk of violation of the regime of the EPS in case of failure of the individual subsystems with responsible consumers.

The statement of basic materials. It is proposed to use the integral index of risk of functioning, the level of which depends on the criticality of failures of individual subsystems of the EPS and in particular, nodes with consumers of different kind and category, when assessing the reliability of the EPS. To solve these problems a fuzzy mathematical model and an algorithm for an aggregated estimation of the EPS index risk in the case of failures of individual subsystems have been constructed. For the test scheme of the EPS, quantitative characteristics of the risk of operation of the EPS in case of failures of electrical equipment and load units with responsible consumers are obtained.

Conclusions. Evaluation of the regime reliability of modern EPS is advisable to determine on the basis of the integrated risk index of functioning. A fuzzy mathematical model and an algorithm for the aggregated assessment of the risk index of EPS in case of failures of individual load units due to failures of electrical equipment of EPS are proposed. A complex modeling of the technical condition of electrical equipment and regims of EPS to determine the criticality of failures of individual subsystems with responsible consumers was carried out.

Keywords: reliability; electric power system; risk index; fuzzy logic; failures.

Table: 2. Fig.: 8. References: 18.

Бардик Євген Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри відновлюваних джерел енергії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Bardyk Yevhen – PhD in Technical science, Associate Professor, Associate Professor of Department of Renewable Energy Sources, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: bardik1953@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5776-1500>

Scopus Author ID: 57200142134

Бондаренко Олександр Леонідович – магістр, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Bondarenko Oleksandr – master, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: bonduro@gmail.com

УДК 621.311.4.031

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-118-128

*Сергій Бойко, Андрій Некрасов, Олексій Городній, Оксана Борисенко, Євген Кас'янов***ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ**

Актуальність теми дослідження. Україна має потужні ресурси розосередженої генерації. При цьому, одним із чотирьох заходів, запропонованих Міжнародною енергетичною агенцією для підвищення енергоефективності в країнах світу, є збільшення використання джерел відновлювальної енергії в загальному обсязі виробництва електричної енергії, у тому числі не остання роль приділяється впровадженню розосередженої генерації.

Постановка проблеми. Наслідок природного зниження рівнів видобутку залізорудної сировини на теренах нашої країни на глибини понад 1000–1500 м, тобто в бік запроєктованих показників, вже сьогодні підвищує енергоємність її видобутку та зниження конкурентної спроможності на світовому ринку. Таким чином, актуальною науково-практичною задачею є дослідження особливостей функціонування систем електропостачання залізорудних підприємств при використанні джерел розосередженої генерації у складі їх розподільчих мереж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В ряді попередніх досліджень автори обґрунтовують позитивний ефект від впровадження розосередженої генерації в структуру систем електропостачання підприємств.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Раніше було запропоновано встановлення енергетичних установок на спряженні квершлагів, на відвалах кар'єрів та інших можливих місцях установки в умовах залізорудних підприємств. Однак поки що остаточно не визначено принципи впровадження інтелектуальних систем управління електропостачанням зазначених підприємств, що особливо важливо при реконфігурації цих систем.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є синтез особливостей електропостачання залізорудних підприємств за умови впровадження до системи їх електропостачання джерел розосередженої генерації та аналіз специфіки їх функціонування.

Виклад основного матеріалу. Запропоновано застосування штучних нейронних мереж в системах управління та визначення електроенергетичних параметрів систем електропостачання залізорудних підприємств, що дозволить забезпечити багатофакторне управління та аналіз енергетичних параметрів при впровадженні джерел розосередженої генерації. Запропоновано підхід щодо впровадження штучних нейронних мереж для моделювання надійності системи електропостачання залізорудних підприємств при впровадженні розосередженої генерації, що дозволить покращити прогнозованість згенерованої електроенергії розосередженою генерацією в часі.

Висновки відповідно до статті. Представлена за допомогою штучних нейронних мереж модель надійності системи електропостачання залізорудних підприємств при впровадженні розосередженої генерації дозволить покращити прогнозованість згенерованої електроенергії розосередженою генерацією в часі.

Ключові слова: розосереджена генерація; електропостачання підприємств; штучні нейронні мережі.

Рис.: 5. Бібл.: 16.

Актуальність теми дослідження. Україна має потужні ресурси розосередженої генерації (РГ) [1]. При цьому, одним із чотирьох заходів, запропонованих Міжнародною енергетичною агенцією для підвищення енергоефективності в країнах світу, є збільшення використання джерел відновлювальної енергії в загальному обсязі виробництва електричної енергії, у тому числі не остання роль приділяється впровадженню РГ [1]. Актуальними ці питання є як для діючих так і для тимчасово законсервованих горизонтів шахт та вже не діючих кар'єрів. Останні, як правило, відключені від централізованого електропостачання підстанцій. Джерела РГ, встановлені в умовах залізорудних підприємств (ЗРП), здатні забезпечувати додаткове резервне електропостачання мережі [6].

Постановка проблеми. Між тим, наслідок природного зниження рівнів видобутку залізорудної сировини (ЗРС) на теренах нашої країни, на глибини понад 1000–1500 м, тобто в бік запроєктованих показників, вже сьогодні підвищує енергоємність її видобутку та зниження конкурентної спроможності на світовому ринку [2]. Однак, враховуючи специфіку видобутку ЗРС на ЗРП, у тому числі вітчизняних, та кліматичні умови їх розташування існує можливість впровадження в структуру їх електропостачання РГ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У попередніх дослідженнях автори обґрунтовують позитивний ефект від впровадження РГ у структуру систем електропостачання підприємств [1].

Ці об'єкти, а це в масштабах України сотні гектарів, за всіма своїми параметрами можуть і повинні стати полігоном для розміщення комплексів РГ, які, по суті, повинні стати міні- або мікроелектростанціями в структурі систем електропостачання підприємств України, у тому числі залізорудних підприємств [3].

Визначення раніше невирішених частин загальної проблеми. Раніше було запропоновано встановлення енергетичних установок на спряженні квершлагів, на відвалах кар'єрів та інших можливих місць установки в умовах залізорудних підприємств. Для досягнення належної енергоефективності функціонування систем електропостачання та електроспоживання залізорудних підприємств при впровадженні джерел розосередженої генерації до систем електропостачання зазначених підприємств, пропонується низкою авторів впровадження інтелектуальних систем управління. Однак поки що остаточно не визначено принципи впровадження інтелектуальних систем управління електропостачанням зазначених підприємств, особливо при реконфігурації цих систем [1-14].

Мета статті. Головною метою цієї роботи є синтез особливостей електропостачання залізорудних підприємств за умови впровадження до системи їх електропостачання джерел розосередженої генерації та аналіз специфіки їх функціонування.

Виклад основного матеріалу. Переважна більшість орографічних утворень в Україні, у тому числі Придніпровська та Донецька височини та Придніпровська низовина орієнтовані з північного заходу на південний схід відповідно до напрямку основних геоструктурних елементів, що зумовлює середню швидкість вітру близько 4–5 м/с. Окрім вище зазначеного, на місцеві особливості клімату України впливають також і водойми, що займають близько 0,3 % площі території країни. Вплив водосховищ, відстійників, ставків і боліт на режим метеорологічних величин різний. Найбільше водосховища впливають на вітер: його швидкість над акваторією та узбережжям підвищується на кілька десятків відсотків [5].

Деяке зростання швидкості вітру спостерігається повсюди на прибережному схилі, що спричинене насамперед близькістю водосховища. Швидкість вітру над акваторією водосховища майже не змінюється (15-20 %) в охолоджуючий період, а в теплий період – зростає на 50-100 %. Восени на вітряному березі водосховища спостерігається збільшення в 2-3 рази повторюваності сильних вітрів (понад 15 м/с) в порівнянні з вихідними вітровими умовами. В сторону суші бризи можуть проникати на відстань 3 км і більше, захоплюючи по висоті зону в 100-300 м. За наявності вітру із суші швидкістю понад 4 м/с, бриз зазвичай не утворюється [6].

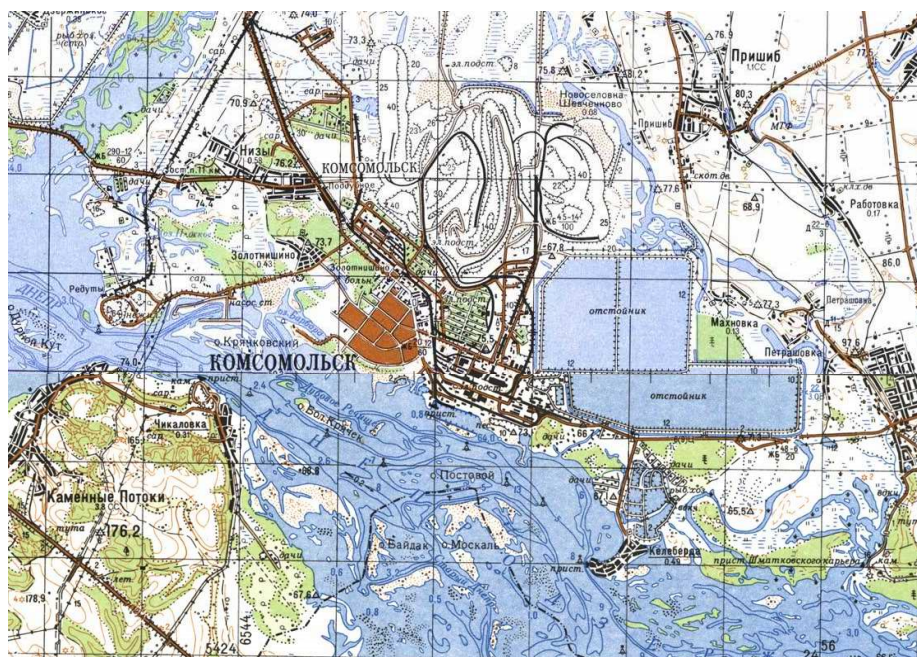


Рис. 1. Розташування залізорудного підприємства ВАТ «Полтавський ГЗК» відносно навколишніх природних та штучних водойм

Також у вище згаданих регіонах спостерігається достатній рівень інсоляції, що зумовлює сприятливі умови для використання сонячної фото- та теплоенергетики.

Водночас вітчизняні залізорудні підприємства є найбільш підготовленими для втілення в практику функціонування їхніх систем електропостачання міні- та мікроелектростанцій на базі відновлюваних джерел енергії.

Шахтна вентиляційна система, зазвичай, знаходиться в квазістаціонарному стані (в середньому є стаціонарною).

Природна тяга в шахтах може виникати за наступних умов [7]:

- за наявності декількох виходів на земну поверхню, особливо якщо ці виходи знаходяться на різних висотних відмітках;
- в окремих виробітках при різній густині повітря по периметру виробітки.
- між окремими горизонтами, якщо повітреподавальних стволів кілька.

За правилами безпеки забороняється провітрювання шахт за рахунок тільки природної тяги. Але природна тяга в багатьох випадках відіграє істотну роль у вентиляції шахти. У деяких шахтах депресія природної тяги досягає 25 % депресії вентиляторів головного провітрювання.

У шахтах трапляються випадки, коли вертикальні або нахилені виробітки поєднані на декількох горизонтах (рис. 2). У таких випадках на кожному горизонті діє своя природна тяга, яка визначається густиною повітря на ділянках, розташованих вище цього горизонту [8].

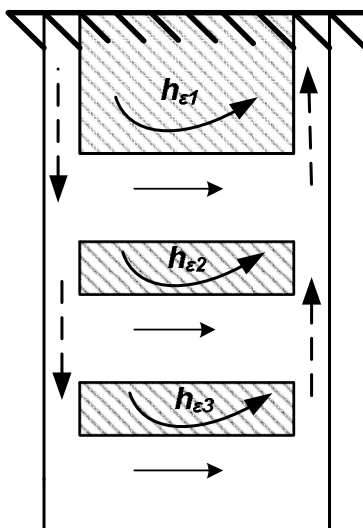


Рис. 2. Визначення депресивної тяги при одночасному з'єднанні виробок між собою на декількох горизонтах

Фактори, що впливають на природну тягу [9]:

- температура повітря в гірничих виробках (визначає його густина);
- температура повітря на поверхні;
- температури стовпів повітря, які знаходяться над різними входами у шахту в гористій місцевості;
- тиск повітря біля поверхні землі (визначає густина повітря).

Зі збільшенням глибини шахти депресія природної тяги змінюється експотенціально.

Взимку депресія природної тяги дещо збільшується. Влітку відбувається зворотне явище. Так як ці зміни незначні, тому характеристика природної тяги вважається постійною, тобто такою, що не залежить від витрати повітря [9].

У зв'язку з цим для розрахунку депресії природної тяги можуть застосовуватися гідростатичні й термодинамічні методи.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Для розрахунку природної тяги гідростатичним методом визначається різниця аеростатичних тисків повітря в двох стовбурах, між стовбурами або горизонтами.

За формулою М. М. Протодьяконова [10]:

$$h_e = H(Y_{II} - Y_{II}), \text{ Па} \quad (1)$$

де H – глибина шахти, м; Y_{II} и Y_{II} – середнє значення питомої ваги повітря відповідно що надходить і що виходить повітряним струменям, Н/м^3 .

Середнє значення питомої ваги повітря визначається з виразу [9]:

$$\gamma = 0,0171 \left(\frac{p_1}{273 + t_1} + \frac{p_2}{273 + t_2} \right), \text{ Н/м}^3 \quad (2)$$

де p_1 і p_2 – тиск на початку та наприкінці поступаючого та вихідного струменя, Па; t_1 і t_2 – температура повітря в тих же точках, $^{\circ}\text{C}$ (величину t_1 визначають у стовбурі на глибині 20 ÷ 30 м).

Влітку питома вага повітря, що надходить в шахту менше вихідного, тому депресія природної тяги знижується і в неглибоких шахтах може бути навіть від'ємною.

У глибоких шахтах, внаслідок високої температури повітря у висхідному струмені депресія природної тяги, переважно, додатня [11].

$$h_e = 0.046H(t_{II} - t_B), \text{ Па}, \quad (3)$$

де H – різниця абсолютних відміток глибини повітроподаючої та повітровидаючої виробок, м; t_{II} , t_B – середня температура повітря відповідно в стволах, по яких надходить у шахту і видається з неї, $^{\circ}\text{C}$.

Для шахт із різними висотними відмітками глибини повітроподаючої та повітровидаючої виробіток можна використовувати таку формулу:

$$h_e = Y_{cp}H \frac{t_H - t_{cp}}{273 + t_{cp}}, \text{ Па}, \quad (4)$$

де Y_{cp} – середньоконтурна питома вага повітря, Н/м^3 ; H – різниця глибини повітроподаючої та повітровидаючої виробіток, м; t_H – температура зовнішнього повітря повітроподаючої виробітки, $^{\circ}\text{C}$; t_{cp} – середня температура рудничного повітря $^{\circ}\text{C}$.

Питома вага повітря визначається за формулою [9]:

$$Y = 4,459 \frac{\rho}{273 + t}, \text{ Н/м}^3 \quad (5)$$

де ρ – атмосферний тиск повітря, Па; t – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$.

У турбулентному потоці повітря виникають вихрові потоки. Великі вихори є нестійкими та розпадаються на дрібніші, стійкість яких вища, але істотно залежить від в'язкості повітряного середовища. Це призводить до дисипації їх механічної енергії. Отже, турбулентний потік повітря в підземних виробках являє собою потік вихорів різного розміру від найбільших, розміри яких можуть дорівнювати поперечним розмірам виробки, до найдрібніших. Зміна в часі подібних вихорів створює в кожній точці повітряного потоку хаотичні коливання миттєвих швидкостей. Число Рейнольдса характеризує співвідношення між силами інерції й силами тертя в повітряному потоці [9].

$$Re = \frac{\rho ul}{\eta} = \frac{ul}{\nu}, \quad (6)$$

де ρ – густина повітря; l – характерний лінійний розмір; η – динамічна в'язкість; Re – число Рейнольдса; u – швидкість повітря; ν – кінематична в'язкість повітря.

На роботу вітроенергетичної установки (ВЕУ) в умовах залізрудних шахт (ЗРШ) суттєво впливають інерційні сили, фізичні особливості потоку повітря, форма виробок,

розташування вітрового колеса (ВК) відносно напрямку руху повітряного потоку у підземній виробці, а також форма лопатей ВК.

Детальне вивчення всіх складових процесу впровадження ВЕУ в умовах ЗРП є досить всебічним, багатограним, науково містким і технічно складним процесом, який має забезпечити оптимальні умови впровадження та роботи ВЕУ.

Таким чином запропоновано такі способи розміщення ВЕУ в умовах шахт для роботи на енергії незадіяних та відпрацьованих повітряних вентиляційних потоках, які показані на рис. 3.

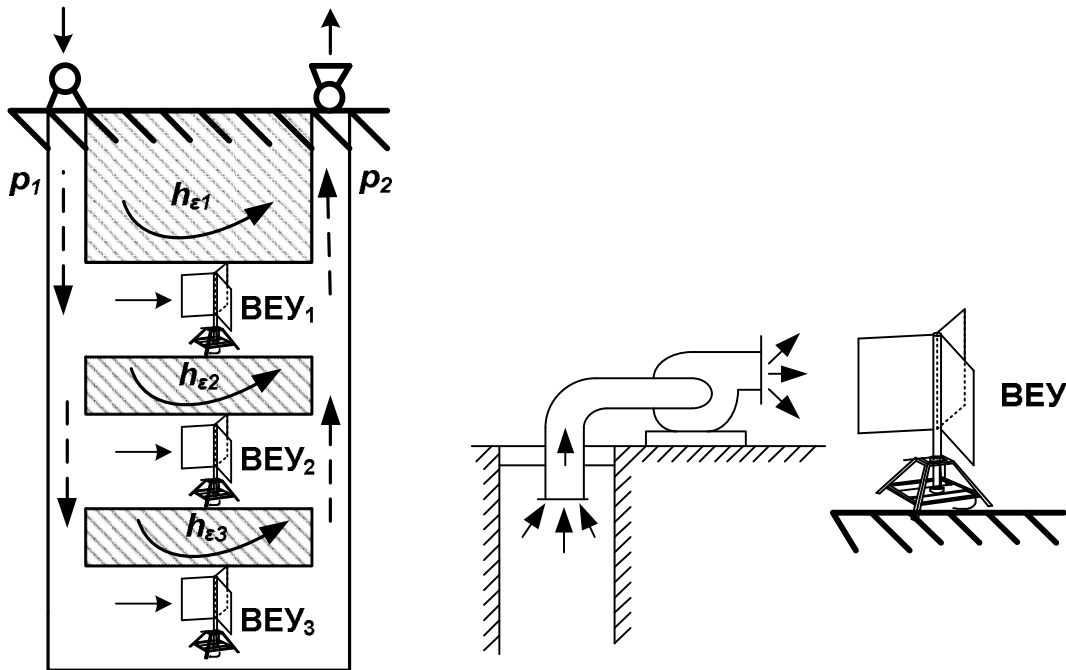


Рис. 3. Способи розміщення вітроенергетичних установок в умовах шахт для роботи на енергії незадіяних та відпрацьованих повітряних вентиляційних потоках

ВЕУ можуть бути застосовані для автономного живлення споживачів електричної енергії залізородних шахт [9-12]. Раніше встановлено, що енергоефективним варіантом структури енергетичного комплексу таких ВЕУ є система з асинхронним генератором [5].

Моделювання надійності системи електропостачання ЗРП при впровадженні РГ можна представити за допомогою штучних нейронних мереж (ШНМ).

Структурну схему ШНМ, можна проілюструвати наступним чином (рис.4): вхідні нейрони нульового шару позначимо $1_0, 2_0$, приховані нейрони першого шару позначимо $1_{(1)}, 2_{(1)}$, а вихідний нейрон – символом $1_{(2)}$, вагові коефіцієнти зміщень для прихованого шару – $\Theta_{1(1)}$ та $\Theta_{2(1)}$, а вихідного шару – $\Theta_{1(2)}$, вхідні сигнали до 1_0 нейрона через $x_1 = (1,1,0,0)$, а вхідні сигнали до 2_0 нейрона – через $x_2 = (1,0,1,0)$, загальний вихідний сигнал до нульового шару запишемо у вигляді кортежу: $\{(x_1, x_2)\} = \{(1,0,1,0), (1,0,0), (0,1,0), (0,0)\}$, а вихідний сигнал – $OUT = \{0;1;1;0\}$, а вагові коефіцієнти відповідно ω_{ij} та γ_{jk} , матриці яких будуть:

$$W_1 = \begin{vmatrix} \omega_{11} & \omega_{12} \\ \omega_{21} & \omega_{22} \end{vmatrix} \text{ та } W_2 = \begin{vmatrix} \gamma_{11} \\ \gamma_{21} \end{vmatrix}.$$

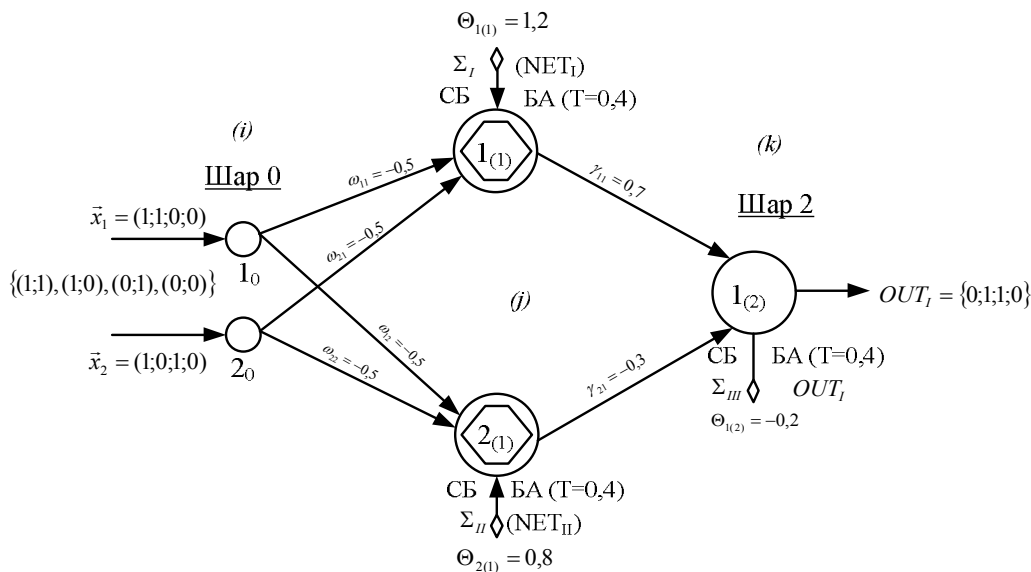


Рис. 4. Схема штучної нейронної мережі для моделювання надійності системи електропостачання залізничного підприємства при впровадженні розосередженої генерації

$$\Sigma_I = \sum_{i=1, j=1}^{i=n, j=m} x_i \omega_{ij} + \Theta_{1j}; i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}; \Sigma_{II} = \sum_{i=1, j=1}^{i=n, j=m} x_i \omega_{ij} + \Theta_{2j}; i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m};$$

$$\Sigma_{III} = \sum_{k=1, j=1}^{k=s, j=m} Y_j \gamma_{kj} + \Theta_k; k = \overline{1, s}; j = \overline{1, m}.$$

У розглянутому випадку $n=2, m=2, s=1$, де n – кількість нейронів нульового шару, m – кількість входів до нейронів прихованого шару від нейронів нульового шару (нейронів (першого) прихованого шару), s – кількість нейронів вихідного шару (другого шару); ω_{ij} – ваговий коефіцієнт від i -го шару (вхідного) до j -го нейрона прихованого шару. Тоді $\omega_{1,2}$ – ваговий коефіцієнт зв’язку від першого нейрона нульового шару (вхідного) до другого нейрона прихованого шару (першого шару), аналогічно для інших вагових коефіцієнтів. γ_{jk} – ваговий коефіцієнт зв’язку від j -го нейрона прихованого шару (першого шару) до k -го нейрона вихідного шару (другого шару) [12].

Σ_I – сума вагових зв’язків, які входять до першого нейрона прихованого шару, Σ_{II} – сума вагових зв’язків, які входять до другого нейрона прихованого шару, Σ_{III} – сума вагових зв’язків, які входять до нейрона виходу (другого шару). $NET_I=Y_1$ – сигнал виходу із першого нейрона прихованого шару, після активації пороговою функцією ($T=0,4$ – числове значення порогу), NET_{II} – сигнал виходу із другого нейрона прихованого шару (шар 2), OUT – числове значення вихідного сигналу із першого нейрона вихідного шару (другого шару), після активації пороговою функцією ($T=0,4$ – числове значення порогу функції активації). $\{(1,0;1,0), (1,0;0), (0;1,0), (0;0)\}$ – кортеж вхідних сигналів до нульового шару (вхідного шару), $\{1,1,0,0\}$ – кортеж вихідних сигналів із другого шару (вихідного шару) [13].

$\Theta_{1(1)}, \Theta_{2(1)}, \Theta_{1(2)}$ – вагові коефіцієнти зміщень першого та другого нейронів прихованого шару (першого шару) та першого нейрона вихідного шару (другого шару). $\vec{x}_1 = (1,0;1,0;0;0)$ – вектор вхідних значень до першого нейрона (1_0) вхідного шару (нульового шару), $\vec{x}_2 = (1,0;0;1,0;0)$ – вектор вхідних значень до другого нейрона (2_0) вхідного шару (нульового шару).

Схематично зображена на рис. 4 ШНМ для різних вхідних векторів буде одержувати на виході відповідні кожному з них значення, а саме:

- 1) (1,0;1,0) на вході, а на виході OUT=0;
- 2) На вході (1,0;0), а на виході OUT=1;
- 3) На вході (0;1,0), а на виході OUT=1;
- 4) На вході (0;0), а на виході OUT=0.

Таким чином, кожному вхідному вектору (x_1, x_2) на виході ШНМ відповідає певне числове значення OUT.

Порогова функція

$$F(NET) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } NET < T \\ 1, & \text{якщо } NET \geq T \end{cases} \quad (7)$$

є прикладом нелінійної функції активації.

Прикладом лінійної функції є

$$F(NET) = \beta(NET), \quad (8)$$

область значень якої $F(NET) \in (-\infty; +\infty)$, при наявності якої у блоку активації (БА), вихід із нейрона буде дорівнювати значенню входу у цей нейрон, якщо $\beta = 1$. Тоді можна зробити висновок, що багатошарова нейронна мережа із лінійною функцією активації може розв'язувати лише ті задачі, які можуть розв'язувати одношарові нейронні мережі, які мають лише вхідні і вихідні нейрони. Тоді можна зробити наступний висновок: для багатошарових ШНМ треба використовувати нелінійні функції активації, це логістична функція

$$F(NET) = [1 + \exp(-\alpha \cdot NET)]^{-1}, \quad (9)$$

або інші нелінійні функції. Найкращим варіантом є логістична, оскільки вона є неперервною на всій області визначення $(-\infty; +\infty)$, диференційованою і монотонно зростаючою для всіх NET від $(-\infty; +\infty)$ (на інтервалі значень (0;1)).

Отже, кожний елемент з множини вхідних значень x з'єднаний ваговим значенням $x_i \omega_{ij}$ із кожним шаром ШНМ, а в СБ нейрона знаходять вагову суму входів до даного нейрона, яка поступає на БА, після активації в якому, на вихід до вихідного шару вийде сигнал NET. Вихідний вектор \vec{L} ШНМ, компонентами якого є виходи OUT із нейронів вихідного шару, чисельно дорівнює добутку матриці \vec{X} – вектор-рядок вхідних сигналів на матрицю W – матриця вагових коефіцієнтів, тобто:

$$L = XW, \quad (10)$$

де \vec{L} – матриця-рядок.

Багатошарові ШНМ мають значно більше можливостей при розв'язуванні практичних і прикладних задач, вони являють собою набір шарів, таких що вихід з одного шару буде входом до наступного шару, а збільшення обчислюваних можливостей (потужностей) у порівнянні із одношаровою ШНМ, можливе лише при наявності нелінійної функції активації між шарами [13].

Якщо в багатошарових ШНМ відсутня нелінійна функція активації, то обчислення числового значення вихідного шару знаходять як добуток вхідного вектора X на першу вагову матрицю W_1 , потім на наступну вагову матрицю W_2 . Тобто:

$$OUT = (\vec{X}\vec{W}_1)\vec{W}_2, \quad (11)$$

а в результаті того, що добуток матриць асоціативний, тоді

$$OUT = (\vec{X}\vec{W}_1)\vec{W}_2 = \vec{X}(\vec{W}_1\vec{W}_2). \quad (12)$$

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Тобто по суті здійснений перехід від багатошарової ШНМ до одношарової ШНМ, тобто двошарова ШНМ еквівалентна одному прихованому шару з ваговою матрицею, що дорівнює добутку двох вагових матриць ($W_{заг} = W_1W_2$) [14]. Тоді:

$$OUT = (\bar{X}\bar{W}_1)\bar{W}_2 = \bar{X}(\bar{W}_1\bar{W}_2) = \bar{X}(\bar{W}_{заг}). \tag{13}$$

Отже, будь-яка багатошарова ШНМ із лінійною функцією активації може бути замінена на еквівалентну одношарову ШНМ із ваговою матрицею:

$$W_{заг} = W_1W_2. \tag{14}$$

Нейронні мережі, які розглядались раніше, називають мережами прямого поширення вхідного сигналу або мережами з прямими зв'язками, тобто від вхідного шару до шару виходу сигналу із ШНМ, тобто від попереднього шару до наступного і по порядку. Але можливості таких ШНМ обмежені, у них відсутня пам'ять, тобто їх вихід повністю визначається значеннями вхідних векторів і значеннями вагових коефіцієнтів. Такі мережі ще називають ШНМ без зворотних зв'язків.

ШНМ, які мають зв'язки від вихідних шарів до вхідних, називають мережами із зворотніми зв'язками. У деяких ШНМ із зворотніми зв'язками значення виходу із мережі повертається на вхідні шари, тобто вихід буде як вхід (рис. 5). Тому ШНМ із зворотніми зв'язками мають властивість, схожу на короткотермінову людську пам'ять.

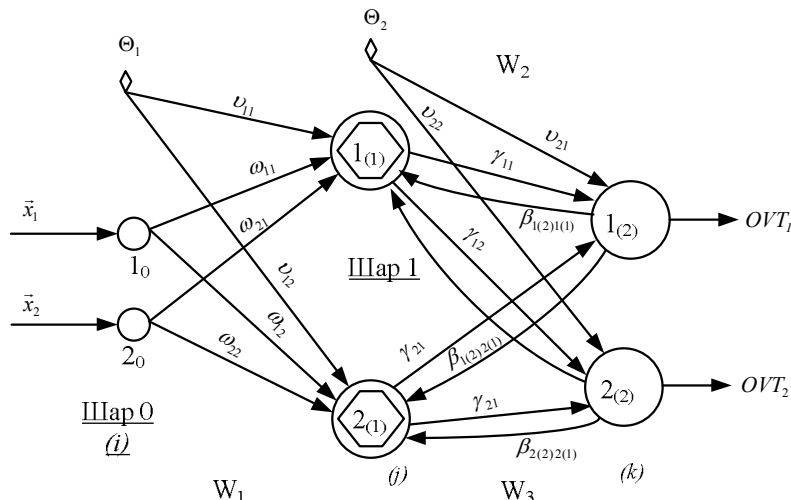


Рис. 5. Схема штучної нейронної мережі зі зворотним зв'язком

Алгоритм зворотного поширення сигналу у ШНМ складається із двох напрямків поширення сигналу [15]:

- 1) прямий напрямок поширення сигналу від нульового шару до вихідного шару;
- 2) зворотний напрямок поширення сигналу від вихідного шару до вхідного, передаючи значення похибки від вихідного шару до вхідного (першого) шару, що і визначає на яку величину потрібно коригувати вагові коефіцієнти у процесі навчання ШНМ, яке застосовується для того, щоб ШНМ змогла виконувати поставлену перед нею задачу за даними, які до неї надходять.

Механізм зворотного поширення сигналу [15]:

- 1) у прямому поширенні сигналу нейрон прихованого шару посилає сигнали кожному нейрону вихідного шару;
- 2) в зворотному поширенні сигналу нейрони прихованого шару одержують сигнали похибок від кожного нейрона вихідного шару.

Матриці вагових коефіцієнтів:

$$W_1 = \begin{vmatrix} \omega_{11} & \omega_{12} \\ \omega_{21} & \omega_{22} \end{vmatrix}, W_2 = \begin{vmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{vmatrix}, W_3 = \begin{vmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{vmatrix}, W_{\Theta_1} = \begin{vmatrix} g_{11} \\ g_{12} \end{vmatrix}, W_{\Theta_2} = \begin{vmatrix} g_{21} \\ g_{22} \end{vmatrix},$$

де $\beta_{1(2)1(1)}$, $\beta_{1(2)2(1)}$, $\beta_{2(1)1(1)}$, $\beta_{2(2)2(1)}$ – вагові коефіцієнти зворотнього зв'язку між k-м та j-м шаром [15].

Висновки і пропозиції. 1. Аналіз можливості впровадження джерел розосередженої генерації в умовах залізорудних підприємств, у тому числі ВАТ «Полтавський ГЗК» показав позитивну тенденцію щодо впровадження джерел розосередженої генерації.

2. Модель надійності системи електропостачання залізорудних підприємств при впровадженні розосередженої генерації можна представити за допомогою штучних нейронних мереж, що дозволить покращити прогнозованість згенерованої електроенергії розосередженою генерацією в часі.

Список використаних джерел

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua>.
2. Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2020 року. Стогній Б. С. та ін.– Київ: Вид-во Ін-ту електродинаміки НАН України, 2011. 275 с.
3. Клімат України / за ред. В. М. Лівійського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. С. 133.
4. Загальна гідрологія: підручник / за ред. С. М. Лисогора. Київ: Фітосоціоцентр, 2000. 264 с.
5. Гурін, А. О., Бересневич П. В., Немченко А. А., Ошманський І. Б. Аерологія гірничих підприємств. Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2007. 262 с.
6. Дмитренко Л. В., Барандіч С. Л. Вітроенергетичні ресурси в Україні. *Наук. пр. УкрНД-ГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 166-173.
7. Дослідження вітрового режиму України, виявлення основних кліматоутворюючих факторів глобального і регіонального масштабів, які обумовлюють сучасні особливості вітрового режиму України: Аналіз даних довгострокових спостережень вітропотенціалу на гідрометеорологічних станціях України. Том 1: Звіт з НДР / МНТЦ вітроенергетики НАНУ. Київ, 2001. 136 с.
8. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. Київ: ТОВ «ВіолаПрінт», 2008. 55 с.
9. Праховник А. В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения. Київ: Освіта України, 2007. 464с.
10. Бойко С. М. Можливості використання вітрогенераторів для виробництва електричної енергії в підземних виробках шахт. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2012. № 2. С. 97–99.
11. Синчук О. М., Бойко С. М. Електромеханічний комплекс вітроенергетичної установки для використання в підземних виробках залізорудних шахт. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2014. № 1/8(67). С. 13–21.
12. Энергоэффективность железорудных производств. Оценка, практика повышения: монография / Синчук О. Н. и др. Кременчуг: LAP LAMBERT Academic Publishing is managed by OmniScriptum Management GmbH., 2016. 346с.
13. Синчук О. Н., Бойко С. М. Нейронні мережі та управління процесом управління електропостачанням об'єктів від комбінованих електричних мереж. *Технічний електродинаміка*. 2014. № 5. С. 53–55.
14. Головка В. А. Нейронні мережі: навчання, організація і застосування. Книга 4: навчальний посібник для вузів. Москва: ИПРЖР, 2001. 256 с.
15. Impact of Supply Voltage Change on the Energy Performance of Boost Quasi-Resonant Converter for Radioelectronic Equipment Power Supplies / Gorodniy O., Gordienko V., Stepenko S., Boyko S., Sereda O. *Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. 2017. P. 232–235.
16. Buchholz B., Styczynski Z. Smart Grids Fundamentals and Technologies in Electricity Networks, Springer 2014. 396 p.

References

1. Enerhetychna stratehiya Ukrayiny na period do 2035 r. [Energy strategy of Ukraine for the period up to 2035]. Retrieved from <http://mpe.kmu.gov.ua>.
2. Stohnii, B. S., Kyrylenko, O. V., Prakhovnyk, A. V., Denysiuk, S. P., Nehoduiko, V. O., Pertko, P.P., Blinov, I. V. (2011). *Osnovni parametry enerhozabezpechennia natsionalnoi ekonomiky na period do 2020 roku [The main parameters of energy security of the national economy for the period until 2020]*. Kyiv: Vyd-vo In-tu elektrodynamiky NAN Ukrayiny [in Ukrainian].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

3. Liviyskyi, V. M., Diachuk, V. A., Babichenko, V. M. (Eds.) (2003). *Klimat Ukrainy [Climate of Ukraine]*. Kyiv: Vyd-vo Rayevskoho [in Ukrainian].
4. Lysohor, S. M. (Ed.) (2000). *Zahalna hidrolohiia [General hydrology]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
5. Hurin, A. O., Beresnevych, P. V., Nemchenko, A. A., Oshmanskyi, I. B. (2007). *Aerolohiia hirnychkykh pidpriemstv [Aerology of mining enterprises]*. Kryvyi Rih: Vydavnychy tsestr KNU [in Ukrainian].
6. Dmytrenko, L. V., Barandich, S. L. (2007). Vitroenerhetychni resursy v Ukraini [Wind energy resources in Ukraine]. *Nauk. pr. UkrNDHMI – Science of UkrNDHMI*, 256, 166-173 [in Ukrainian].
7. Doslidzhennia vitrovoho rezhymu Ukrainy, vyavlennia osnovnykh klimatoutvoriuiuchykh faktoriv hlobalnoho i rehionalnoho mashtabiv, yaki obumovlyuyut' suchasni osoblyvosti vitrovoho rezhymu Ukrainy: Analiz danykh dovhostrokovykh sposterezhen vitropotentsialu na hidrometeorolohichnykh stantsiiakh Ukrainy. Vol. 1: Zvit z NDR / MNTTS vitroenerhetyky NANU [Investigation of the wind regime of Ukraine, identification of major climate-forming factors of global and regional scales that determine the current features of the wind regime of Ukraine: Analysis of long-term observations of wind potential at hydrometeorological stations of Ukraine. Volume 1: GDR Report] (2001). Kyiv [in Ukrainian].
8. *Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovliuvanykh dzherel enerhii Ukrainy [Atlas of energy potential of renewable energy sources in Ukraine]* (2008). Kyiv: TOV «ViolaPrint» [in Ukrainian].
9. Prakhovnyk, A. V. (2007). *Malaia enerhetyka: raspredelennaya heneratsiia v systemakh enerhosnabzheniia [Small energy: distributed generation in energy supply systems]*. Kyiv: Osvita Ukrainy [in Russian].
10. Boyko, S. M. (2012). Mozhlyvosti vykorystannia vitroheneratoriv dlia vyrobnytstva elektrychnoi enerhii v pidzemnykh vyrobkakh shakht [Possibilities of using wind turbines for electricity production in underground mine workings]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu – Bulletin of Vinnitsa Polytechnic Institute*, 2, 97–99 [in Ukrainian].
11. Sinchuk, O. M., Boyko, S. M. (2014). Elektromekhanichnyy kompleks vitroenerhetychnoi ustanovky dlia vykorystannia v pidzemnykh vyrobkakh zalizorudnykh shakht [Electromechanical complex of wind power plant for use in underground workings of iron ore mines]. *Vostochno-evropeyskii zhurnal peredovykh tekhnologii – East European Journal of Advanced Technology*, 1/8(67), 13–21 [in Ukrainian].
12. Synchuk, O. N., Synchuk, I. O., Huzov, E. S., Boyko, S. M., Ialovaia, A. N. (2016). *Enerhoeffektivnost zhelezorudnykh proizvodstv. Otsenka, praktika povysheniia [Energy efficiency of iron ore production. Assessment, practice of increasing]*. Kremenchuh: LAP LAMBERT Academic Publishing is managed by OmniScriptum Management GmbH [in Russian].
13. Sinchuk, O. N., Boiko, S. N. (2014). Neironnye seti i upravlenie protsessom upravleniia elektrosnabzheniem obektov ot kombinirovannykh elektricheskikh setei [Neural networks and management of the process of power supply control of facilities from combined electric networks]. *Tekhnichna elektrodinamika – Technical electrodyamics*, 5, 53-55 [in Russian].
14. Golovko, V. A. (2001). *Neironnye seti: obuchenie, organizaciia i primenenie. Kniga 4: uchebnoe posobie dlja vuzov [Neural networks: training, organization and application. Book 4: A Training Manual for Universities]*. Moscow: In IPRZhR [in Russian].
15. Gorodniy, O., Gordienko, V., Stepenko, S., Boyko, S., Sereda, O. (2017). Impact of Supply Voltage Change on the Energy Performance of Boost Quasi-Resonant Converter for Radioelectronic Equipment Power Supplies, Modern Electrical and Energy Systems (MEES).
16. Buchholz B., Styczynski Z. (Springer 2014). Smart Grids Fundamentals and Technologies in Electricity Networks.

UDC 621.311.4.031

Serhii Boiko, Andrey Nekrasov, Oleksiy Gorodny, Oksana Borysenko, Yevgeniy Kas'yanov

FEATURES OF ELECTRICITY SUPPLY OF SIDE-BASED EQUIPMENT IN IMPLEMENTATION OF RESTRICTED GENERATION

Urgency of the research. Ukraine has powerful dispersed generation resources. At the same time, one of the four measures proposed by the International Energy Agency for improving energy efficiency in the countries of the world is increasing the use of renewable energy sources in the total electricity production, including not the last role given to dispersed generation.

Meanwhile, the consequence of the natural decrease in the levels of iron ore extraction in our country, at depths exceeding 1000-1500 m, that is, towards the projected ones, which already increases the energy intensity of its extraction and the decline of the con-capita ability on the world market.

Target setting. The main purpose of this work is to synthesize the features of the electric power supply of iron ore enterprises, provided that they are introduced into the system of their electricity supply of distributed generation sources and analysis of the specifics of their operation.

Actual scientific researches and issues analysis. Thus, the actual scientific-practical task is to study the peculiarities of the operation of systems of electricity supply of iron ore enterprises with the use of sources of dispersed generation in their distribution networks.

Uninvestigated parts of general matters defining. Previously, it was proposed to install power plants at the crosscutting overheads, on dumps of quarries and other possible places of installation in the conditions of iron ore enterprises. However, the principles of the implementation of intelligent power supply management systems for the enterprises under consideration, especially when reconfiguring these systems, are not yet definitively defined.

The research objective. The purpose of this work is to synthesize the features of the electricity supply of iron ore enterprises, provided that the sources of distributed generation are introduced into their electricity supply system.

The statement of basic materials. In a number of previous studies, the authors justify the positive effect of the introduction of dispersed generation into the structure of the power supply systems of enterprises.

The application of artificial neural networks in control systems and determination of electrical energy parameters of power supply systems of iron ore enterprises is proposed, which will allow multifactorial management and analysis of energy parameters in the implementation of distributed generation sources. The proposed approach for the implementation of artificial neural networks for modeling the reliability of the power supply system of iron ore enterprises with the introduction of dispersed generation can be presented with the help of artificial neural networks, which will improve predictability of generated electricity by dispersed generation in time.

Conclusions. The model of reliability of the power supply system of the field-view enterprises in the implementation of dispersed generation can be represented using artificial neural networks, which will improve predictability of generated electricity by dispersed generation in time.

Keywords: dispersed generation; electrical supply of enterprises; artificial neurons networks.

Fig.: 5. References: 16.

Бойко Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, завідувач кафедри енергозабезпечення і систем управління, викладач кафедри енергозабезпечення і систем управління, Кременчуцький льотний коледж національного авіаційного університету (вул. Перемоги, 17/6, м. Кременчук, 39605, Україна).

Boiko Serhii – PhD in Technical Sciences, head of the department of energy supply and management systems, teacher of the department of energy supply and management systems, Kremenchuk Flight College of National Aviation University (17/6, Peremohy str., Kremenchuk, 39605, Ukraine).

E-mail: bsn1987@i.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9778-2202>

Scopus ID: 56417478200

Некрасов Андрій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна).

Nekrasov Andriy – PhD in Technical Sciences, Kremenchuk National University of Michaylo Jstrogradskiy (17/6, Perchotravneva str., Kremenchuk, 39600, Ukraine).

E-mail: boikosn2017@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3507-1987>

Городній Олексій Миколайович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри електроніки, автоматики, робототехніки та мехатроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14035, Україна).

Gorodny Olexsiy – PhD in Technical Sciences, senior lecturer of the Department of Electronics, Automation, Robotics and Mechatronics, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: aleksey.gorodny@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5303-9564>

Web of Science: H-1425-2016

Scopus ID: 55327980200; ID 56338229500; ID 57191829796.

Борисенко Оксана Миколаївна – спеціаліст I категорії, Кременчуцький льотний коледж Національного авіаційного університету (вул. Перемоги, 17/6, м. Кременчук, 39605, Україна).

Borysenko Oksana – specialist category I, Kremenchuk Flight College of National Aviation University (17/6, Peremohy str., Kremenchuk, 39605, Ukraine).

E-mail: o.borisenko.klk@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7858-1349>

Кас'янов Євгеній Юрійович – аспірант, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна).

Kas'yanov Yevgeniy – Phd student, Kremenchuk National University of Michaylo Jstrogradskiy (17/6, Perchotravneva str., Kremenchuk, 39600, Ukraine).

E-mail: boikosn2017@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3507-1987>

РОЗДІЛ IV. ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 664.641.4

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-129-136

Наталя Денисова, Аліна Гаркава, Наталія Буяльська

ВИКОРИСТАННЯ ЗБРОДЖЕНОГО ЯБЛУЧНОГО СОКУ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів з одночасним збереженням якості та підвищенням економічної ефективності новацій.

Постановка проблеми. Зростання обсягів споживання хлібобулочних виробів у всьому світі диктує необхідність розробки нових прискорених технологій виробництва, з одного боку, а з іншого – збереження в продуктах вітамінів, мікро- та макроелементів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наукових публікаціях показана перспективність введення в рецептуру хлібобулочних виробів зброджених виноградних соків із високим вмістом біологічно активних речовин, які підвищують харчову цінність готової продукції.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Не досліджено використання в технології житньо-пшеничних хлібобулочних виробів інших добавок рослинного походження, що забезпечують поліпшення якісних показників виробів з одночасним збагаченням поживної харчової цінності.

Постановка завдання. Розробка технології виготовлення житньо-пшеничного хлібу на заквасках спонтанного бродіння зі збродженого яблучного соку, що дозволить поліпшити вітамінно-мінеральний склад отриманої продукції.

Виклад основного матеріалу. Розроблена рецептура приготування житньо-пшеничного хліба на заквасці спонтанного бродіння з додаванням збродженого яблучного соку в різних концентраціях (20, 40 і 60 г на 1 кг борошна), проведено оцінювання якісних показників досліджуваних зразків у заквасці, тестових напівфабрикатах, готових виробів.

Висновки відповідно до статті. Встановлено позитивний вплив збродженого яблучного соку на активність молочнокислих бактерій житніх заквасок спонтанного бродіння, зумовлений впливом її компонентів на мікробіоту закваски, приводить до поліпшення показників якості. Встановлено оптимальне дозування добавки в 40 г, що забезпечує максимально можливі значення пористості, пружності м'якучки і формостійчivosti житньо-пшеничного хліба.

Ключові слова: житньо-пшеничний хліб; закваски спонтанного бродіння; зброджений яблучний сік; технологія виготовлення.

Табл.: 5. Бібл.: 11.

Актуальність теми дослідження. Харчова промисловість із кожним роком стрімко розвивається в усіх напрямках, особливо в напрямку підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів, розширення їх асортименту та удосконалення технологічного процесу їх виробництва [1].

Постановка проблеми. Коливання якості сировинних компонентів, прискорені технології виробництва борошняних напівфабрикатів із використанням поліпшувачів і консервантів, проблема дефіциту вітамінів, мікро- та макроелементів зумовлюють зниження якості хлібобулочних виробів. Перспективним напрямком вирішення зазначених проблем є удосконалення технології виробництва хлібобулочних виробів за рахунок використання природної рослинної сировини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хлібопродукти – одне з основних джерел, необхідних організму рослинних білків, вуглеводів, вітамінів, макро- і мікроелементів, харчових волокон. Водночас технологічне перероблення зерна на борошно супроводжується значними втратами вітамінів і мінеральних речовин, які видаляються разом із висівками [2; 3]. Приготування з борошна хліба, хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів призводить до додаткової втрати цих важливих біологічно активних речовин. Наприклад, вміст вітамінів групи В (тіаміну, ніацину, вітаміну В6, фолієвої кислоти), заліза і кальцію в процесі приготування хліба, починаючи від розмелювання зерна й закінчуючи випіканням, знижується у 2-6 разів [4].

Збагачувати вітамінами й мінеральними речовинами необхідно насамперед продукти масового споживання, які доступні для всіх груп дитячого і дорослого населення та регулярно використовуються в щоденному харчуванні [5].

Збагачення харчових продуктів вітамінами і мінеральними речовинами не повинно погіршувати споживних властивостей цих продуктів: зменшувати вміст і засвоюваність інших речовин, суттєво змінювати смак, аромат, свіжість продуктів, скорочувати строк їх зберігання.

Ефективність збагачених продуктів повинна бути переконливо підтверджена апробацією, яка демонструє не тільки їх повну безпеку, відповідні смакові властивості, але також добре засвоєння, сприяти суттєвому поліпшенню, забезпеченості організму вітамінами і мінеральними речовинами, що введені до складу збагачених продуктів, і пов'язані з цими речовинами показники здоров'я.

Вітаміни використовують у вигляді окремих препаратів, вітамінно-мінеральних преміксів, різних біологічноактивних добавок і поліпшувачів. Деякі вчені надають перевагу застосуванню у складі заквасочних культур мікроорганізмів, які продукують вітаміни [6]. Вироблені біотехнічним способом вітаміни зберігаються після випікання в більшій кількості, ніж синтетичні. Заквашування водно-борошнистої суміші чистими культурами молочнокислих бактерій привело до значного (на порядок) збільшення в заквасках кількості вітамінів B1, B2, PP [7]. Це підтверджує те, що молочнокислі бактерії є активними пробіотиками та збагачують закваску вітамінами. Відомо, що дріжджі також є продуцентами вітамінів.

Світова практика показала, що фортифікація борошна і випікання з нього хліба дає змогу з порівняно низькими додатковими затратами суттєво зміцнити здоров'я населення. Під «фортифікацією» здебільшого розуміють внесення вітамінів і мінералів у продукт у кількості, що перевищує природний його вміст у продукті [8]. Поява на ринку нових харчових добавок дозволяє розширювати асортимент хлібобулочних виробів профілактичної спрямованості й підвищеної харчової цінності. Використання біологічно активних речовин зумовлює потребу щодо виявлення різних чинників на показники якості готових виробів.

Значна увага приділяється дослідженню зброженого виноградного соку, що дозволяє інтенсифікувати процес бродіння [8]. Вичавки є щільними залишками, що отримуються у процесі пресування свіжої мезги, або мезги, що перебродила, які складаються зі шкірки, насіння, залишків рідини (сусла, вина), а іноді та гребенів. Виноградні вичавки – найбільш значний вторинний продукт виноробства, що становить 15-17 % від маси ягід. Склад їх залежить від способу переробки винограду [8]. У них міститься (у %): шкірки ягід – 57-59, пульпа – 10-12, насіння – 28-29, гребені з плодоніжками – 1,08-1,25, залишки лози – 0,2-0,25. Аналіз хімічного складу винограду і продуктів його переробки показав, що з погляду вмісту біологічно цінних компонентів – харчових волокон, поліфенолів, вітамінів, мінеральних і інших речовин, найбільш перспективною і дешевою сировиною є виноградні вичавки – вторинні продукти виноробства і сокового виробництва. Застосування їх у харчовій промисловості і, зокрема, у виробництві борошняних виробів достатньо досліджено [9] та відкриває великі можливості для проведення досліджень з іншими видами сокової продукції.

Для збагачення хлібобулочних виробів використовують природний каротин (концентрати моркви, гарбузів, шипшини, обліпихи) і каротин промислового виробництва. Джерелом β -каротину для хлібобулочних виробів запропоновано гарбуз продовольчий [10], який використали в суміші з рослинною олією. Тісто готували безопарним способом у поєднанні з інтенсивним замішуванням.

Включення до рецептури хлібобулочних виробів кальцієвмісних добавок сприяє поліпшенню стабільності структурно-механічних властивостей м'якушки хліба під час його зберігання [9]. Застосування цих добавок надає готовій продукції профілактичні властивості.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Важливим джерелом вітамінів, мінеральних речовин і деяких інших сполук може бути екстракт зеленого чаю, завдяки якому продукт набуває профілактичних властивостей, відрізняється підвищеною біологічною і харчовою цінністю та стійкістю під час зберігання.

Німецькі дослідники [10] запропонували екстракт із побічних продуктів перероблення горіхів і бобових, отриманих екстракцією цих залишків після обсмажування і наступного підвищення концентрації екстракту. Готовий продукт може використовуватись як добавка до різних харчових продуктів і як барвник.

Мета роботи. Розробка технології виготовлення житньо-пшеничного хліба на заквасках спонтанного бродіння з додаванням збродженого яблучного соку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Особливості приготування тіста з використанням житнього борошна обумовлені його хлібопекарськими властивостями, а саме – станом вуглеводно-амілазного й білково-протеїназного комплексів. У зв'язку з цим технологія житніх і житньо-пшеничних сортів хліба передбачає приготування тіста на мікробіологічних заквасках, які створюють необхідний рівень кислотності тіста, зниження активності амілолітичних ферментів. У разі відсутності чистих культур молочнокислих бактерій, закваски можна вивести спонтанним зброджуванням, при якому заквашування здійснюється мікрофлорою, внесеною з борошном.

Експериментальна частина роботи виконана в лабораторних умовах кафедри харчових технологій Чернігівського національного технологічного університету. Для досліджень обрано рецептуру «Хлібу Столичного формового» з використанням як закваски збродженого яблучного соку з концентрацією (20, 40, 60 г на 1 кг борошна) основною рецептурою обрано рецептуру згідно з СОУ 15.8-37-00032744-004:2005.

Розроблено рецептуру приготування житньо-пшеничного хліба на заквасці спонтанного бродіння з додаванням яблучного соку (табл. 1).

Таблиця 1

Рецептура житньо-пшеничного хліба на заквасці спонтанного бродіння

Сировина	Вміст збродженого яблучного соку в заквасці, г			Контрольний зразок
	20	40	60	
Борошно житнє обдирне	260	260	260	260
Борошно пшеничне першого гатунку	260	260	260	260
Сіль	7,0	7,0	7,0	7,0
Цукор	10,0	10,0	10,0	10,0
Вода питна	242,8	202,8	182,8	262,8
Яблучний сік	20	40	60	-
Усього	799,8	799,8	799,8	799,8

Контроль якості заквасок проводився за органолептичними показниками, техніко-хімічними та мікробіологічними показниками. Методи дослідження тістових заготовок включали органолептичні дослідження за методикою [11] та дослідження якісних показників напівфабрикату (вологість, кислотність, газоутворюючу здатність тіста). Методи дослідження якості готових виробів включали визначення якісних показників (вологість, кислотність, пористість, кришкуватість та кількість води, яку поглинає м'якушка) та органолептичних показників (зовнішній вигляд: форма, поверхня, колір; стан м'якушки: пропеченість, проміс, пористість, смак, запах).

Для проведення експериментальних досліджень готували рідку закваску вологістю 71 % з житнього борошна і води, залишали її заквашуватись при температурі 30-32 °С до кислотності 13-14 град. Після цього закваску поновлювали шляхом відбору половини її маси й додання такої ж кількості свіжоприготовленої для живлення суміші із бо-

рошна і води, і знову заквашували до 13-14 град. Для накопичення мікрофлори, оптимальної для отримання хліба високої якості, проводили багаторазове оновлення закваски для того, щоб у ній встановилася активна мікрофлора. Результати проведеного органолептичного оцінювання заквасок наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Органолептичні показники якості заквасок спонтанного бродіння

Показники якості	Житня закваска, контрольний зразок	Житня закваска з додаванням зброженого яблучного соку, г		
		20	40	60
Смак	Кисломолочний, без сторонніх присмаків	Кисломолочний, зі слабким спиртовим присмаком	Кисломолочний, із помірним спиртовим присмаком	Кисломолочний, зі спиртовим присмаком
Запах	Кислий зі слабо вираженим фруктовим ароматом	Кислий зі слабо вираженим фруктовим ароматом	Кислий із помірно вираженим фруктовим ароматом	Кислий із вираженим фруктовим ароматом

Таким чином, найбільш прийнятним за органолептичними показниками є зразок з додаванням яблучного соку – 40 грам.

Проведений мікробіологічний аналіз з визначення вмісту дріжджів і молочнокислих бактерій у заквасці спонтанного бродіння показав, що для отриманих заквасок спонтанного бродіння характерним є склад бактеріальної і дріжджової мікрофлори, представлений у табл. 3.

Таблиця 3

Мікробіологічні показники житніх заквасок спонтанного бродіння

Закваска спонтанного бродіння	Кількість молочнокислих мікроорганізмів, КУО/г	Кількість дріжджових клітин, КУО/г
Житня закваска (контроль)	$1,6 \cdot 10^7$	Менше $1 \cdot 10^2$
Житня закваска з яблучним соком, г	20	$1,7 \cdot 10^6$
	40	$1,9 \cdot 10^6$
	60	$2,2 \cdot 10^6$

Отже, встановлено, що в заквасці зі зброденим яблучним соком мікробіота має вищу відновлювальну активність молочнокислих бактерій, що пов'язано зі збагаченням середовища мікроорганізмами та поживними речовинами.

Одним із найважливіших показників, який характеризує хід технологічного процесу, є показник кислотності закваски й тіста. Кислотонакопичення в заквасці та тісті впливає на ступінь пептизації білків, активність α -амілази, структурно-механічні властивості тіста. Крім цього, накопичення в тісті молочної, оцтової та інших органічних кислот надає житньому хлібу властивого йому смаку й аромату. Для активізації процесів бродіння закваски і тіста та підвищення харчової цінності хліба вносили яблучний сидр. Результати досліджень свідчать, що кислотонакопичення зразків закваски збільшується відповідно зі збільшенням вмісту в ній яблучного соку. Додавка активізує молочнокисле бродіння та зменшує підйомну силу закваски.

Внесення яблучного соку забезпечує тістовим заготовкам кращу пластичність, газотримуючу здатність. У процесі дослідження кислотності тіста було помічено, що зі збільшенням вмісту добавки в зразках кислотність зростає порівняно з контрольним на 10–20 %. Саме наявність у добавці великої кількості вітамінів, мікро- та макроелементів необхідних для життєдіяльності молочнокислих бактерій активує процес бродіння тіста та кислотонакопичення в ньому. Це дає змогу гальмувати дію α -амілази при випіканні хліба, скорочувати період утворення під її впливом низькомолекулярних декстринів, що запобігає підвищенню липкості м'якушки. Результати досліджень якості тістових заготовок наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Зведені дані показників дослідження якості тіста

Дозування добавки	Контроль	Життя закваска з додаванням зброженого яблучного соку, г		
		20	40	60
<i>Показники якості тіста</i>				
вологість тіста, %	49,45	51,35	52,3	55,0
температура початкова, °С	35	35	35	35
температура кінцева, °С	35	35	35	35
кислотність початкова, град	6,1	3,5	4,1	5,3
кислотність кінцева, град	6,5	3,9	5,0	5,7
питомий об'єм тіста, м ³ /кг	100	92	96	80
<i>Органолептична характеристика тіста:</i>				
колір	світло сірий	світло сірий	світло сірий	світло сірий
смак	Приємний, відповідає житн. пшен. тісту	Приємний, відповідає житн. пшен. тісту	Приємний, відповідає житн. пшен. тісту	Приємний, відповідає житн. пшен. тісту
запах	Без стороннього запаху	Без стороннього запаху	Без стороннього запаху	Без стороннього запаху
консистенція	однорідна	однорідна	однорідна	Однорідна
<i>Параметри бродіння тіста:</i>				
тривалість, хв	120	120	120	120
температура, °С	35	35	35	35
маса тістових заготовок, г	998,6	997,0	997,8	998,0
<i>Параметри вистоювання тістових заготовок:</i>				
тривалість, хв	40-50	40-50	40-50	40-50
температура, °С	35	35	35	35
<i>Параметри випікання:</i>				
тривалість, хв	50	50	50	50
температура, °С	220-230	220-230	220-230	220-230

Органолептичне оцінювання виробів проводили на основі пробних лабораторних випічок тіста, що приготовані з житнього та пшеничного борошна на житній заквасці спонтанного бродіння з додаванням яблучного соку в різному відсотковому співвідношенні. Результати проведених досліджень наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Зведені дані показників дослідження якості готових зразків

Дозування добавки	Контроль	Життя закваска з додаванням зброженого яблучного соку, г		
		20	40	60
1	2	3	4	5
<i>Органолептичні показники:</i>				
Зовнішній вигляд	Відповідний хлібній формі, в якій пров. випічка, з дещо опуклою верхн. кіркою	Відповідний хлібній формі, в якій проводилася випічка, з дещо опуклою верхньою кіркою	Відповідний хлібній формі, в якій проводилася випічка, з дещо опуклою верхньою кіркою	Відповідний хлібній формі, в якій проводилася випічка, з дещо опуклою верхньою кіркою
Колір і стан поверхні	Від світло-кор. до темно-кор., без підгорілості. Відповідає виду виробу, без забр., дозволено невеликі тріщини та підриви	Темно-коричневого кольору, без підгорілості. Відповідає виду виробу, без забруднення, є значні тріщини та підриви	Темно-коричневого кольору, без підгорілості. Відповідає виду виробу, без забруднення, є невеликі тріщини та підриви	Темно-коричневого кольору, без підгорілості. Відповідає виду виробу, без забруднення, є невеликі тріщини та підриви

1	2	3	4	5
Колір і стан м'якушки	Пропечена, не липка, не волога на дотик, еластична. Після легкого натискання пальцями м'якуш приймає початкову форму без грудочок і слідів непромісу, без пористості і ущільнень	Пропечена, не липкий, на дотик, еластичний. Після легкого натискання пальцями м'якуш приймає початкову форму без грудочок і слідів непромісу, без пористості і ущільнень	Пропечена, не липкий, на дотик, еластичний. Після легкого натискання пальцями м'якуш приймає початкову форму без грудочок і слідів непромісу, без пористості і ущільнень	Пропечена, не липкий, на дотик, еластичний. Після легкого натискання пальцями м'якуш приймає початкову форму без грудочок і слідів непромісу, без пористості і ущільнень
Смак	Виражений, характерний хлібний	Виражений, характерний хлібний	Виражений, характерний хлібний	Виражений, характерний хлібний
Запах	Властивий даному виду виробів, без стороннього запаху	Властивий даному виду виробів, без стороннього запаху	Властивий даному виду виробів, без стороннього запаху	Властивий даному виду виробів, без стороннього запаху
<i>Показники якості готових виробів:</i>				
Маса гарячого хліба, г	917,6	916,0	916,8	917,0
Маса хліба через годину випікання, г	907,6	906,0	906,8	907,0
Упікання, %	13,02	14,23	13,10	13,54
Усихання, %	1,67	1,89	1,9	2,09
Вологість м'якушки, %	42,5	44,6	46,6	47,3
Кислотність м'якушки, град	2,9	3,3	3,8	4,3
Пористість м'якушки, %	53,1	60,85	63,4	64,4
Показник кришкуват. хліба, %	1,0	2,4	1,8	3,0

Отримані зразки житньо-пшеничного хліба з додаванням зброженого яблучного соку мають приємні органолептичні властивості, пористу м'якушку, привабливий колір із золотистою кіркою. Включення їх у раціон харчування, на наш погляд, сприятиме поліпшенню здоров'я і підвищенню імунної системи організму.

Поліпшуються фізико-хімічні показники якості хлібобулочних виробів: колір і структура пористості м'якушки хліба, а також його смак і аромат. Додаток знижує швидкість зміни крохмалю і білкової частини м'якушки при зберіганні, що зумовлює більш тривалий термін використання.

Таким чином, підсумовуючи результати експериментальних досліджень виявлено, що за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками найліпший результат має зразок, до якого було додано 40 грам зброженого яблучного соку.

Висновки відповідно до статті. Встановлено позитивний вплив зброженого яблучного соку на активність молочнокислих бактерій житніх заквасок спонтанного бродиння, обумовлений впливом її компонентів на мікробіоту закваски, що приводить до поліпшення показників якості житньо-пшеничного хліба.

У результаті проведеної порівняльної характеристики експериментальних зразків за органолептичними, фізико-хімічними та хімічними показниками встановлено оптимальне дозування зброженого яблучного соку 40 г на 1 кг борошна, що забезпечує максимально можливі значення пористості, пружності м'якушки і формостійкості житньо-пшеничного хліба.

Список використаних джерел

1. Синявська Н., Павловська Є., Кузнецова Л., Афанасьєва О. Прискорене виготовлення житнього хліба. *Зерно і хліб*. 2003. № 4. С. 38.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

2. Бачинська Я., Непочатих Т. Дослідження якості хліба житньо-пшеничного «Бородинського» та підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів з використання ягід чорниці. *Прогресивні техніка і технології*. 2011. Вип. 1. С. 274–281.
3. Матвеева І. В. Мікроінгредієнти і якість хліба. *Харчові інгредієнти. Сировина і добавки*. 2000. № 1. С. 28-31.
4. Борисенко О. В. Удосконалення технології хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Національний університет харчових технологій. Київ, 2008. 28 с.
5. Кузьминский Р. В., Патт В. А., Щербатенко В. В., Столярова Л. Ф. Пути повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий. Москва: ЦНИИТЭИПищепром, 1979. 66 с.
6. Пшенишнюк Г. Ф., Павловський С. М., Ковпак Ю. С. Закваски спонтанного бродіння в технології житнього хліба. *Зб. наук. пр. ОНАХТ*. Вип. 40, т. 1. С. 141–145.
7. Лисюк Г. М., Верешко Н. В., Чуйко А. М. Нові напрями використання вторинних продуктів переробки винограду у виробництві борошняних виробів. Харків: ХДУХТ, 2011. 174 с.
8. Шатнюк Л. Збагачення хлібобулочних виробів мікронутрієнтів. *Хлібопродукти*. 2005. № 1. С. 26–28.
9. Кусова И. У., Легков И. С. Закваски при производстве ржаного хлеба. *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2009. № 9. С. 24–26.
10. Ільїна А. А. Використання нетрадиційної сировини при виробництві хлібобулочних виробів. *Продукти харчування та раціональне використання сировинних ресурсів*. 2002. № 5. С. 7.
11. Дробот В. І. Технологічні розрахунки у хлібопекарському виробництві (задачник): навчально-методичний посібник / за ред. В. І. Дробот. Київ: Кондор, 2010. 440 с.

References

1. Syniavska, N., Pavlovska, Ye., Kuznietsova, L., Afanasieva, O. (2003). Pryskorene vyhotovlennia zhytnoho khliba [Accelerated production of rye bread]. *Zerno i khlib – Grain and bread*, 4, 38 [in Ukrainian].
2. Bachynska, Ya., Nepochatykh, T. A. (2011). Doslidzhennia yakosti khliba zhytnopshenychnoho «Borodynskoho» ta pidvyshchennia biolohichnoi tsinnosti khlibobulochnykh vyrobiv z vykorystanniam yahid chornytysi [Research of bread quality of rye-wheat «Borodinsky» and increase of biological value of bakery products using blueberries]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli – Progressive technology and technological restaurants of state restaurant and trade*, 1, 74–281 [in Ukrainian].
3. Matvieieva, I. V. (2000). Mikroinhrediienty i yakist khliba [Micro ingredients and quality of bread]. *Kharchovi inhrediienty. Syrovyna i dobavky – Nutritional Ingredients. Raw materials and additives*, 1, 28–31 [in Ukrainian].
4. Borysenko, O. V., (2008) *Udoskonalennia tekhnolohii khlibobulochnykh vyrobiv, zbahachenykh kharchovymy voloknamy [Improving the technology of bakery products enriched with food fibers]: (Doctor's thesis)*. Kyiv University of Food Technologies, Kyiv [in Ukrainian].
5. Kuzminskii, R. V., Patt, V. A., Shcherbatenko, V. V., Stolyarova, L. F. (1979). *Puti povysheniia pishchevoi tcennosti khlebobulochnykh izdelii [Ways to improve the nutritional value of bakery products]*. Moscow: TsNIITEIPishcheprom [in Russian].
6. Pshenyshniuk, H.F., Pavlovskiy, S.M, Kovpak, Yu.S (2011). Zakvasky spontannoho brodinnia v tekhnolohii zhytnoho khliba [Fermentation of spontaneous fermentation in rye bread technology]. *Zb. nauk. pr. ONAKhT – Zb. sciences. Ave. ONAKHT*, 40, 141–145 [in Ukrainian].
7. Lysiuk, H. M., Vereshko, N. V., Chuiko, A. M. (2011). *Novi napriamy vykorystannia vtorynnykh produktiv pererobky vynohradu u vyrobnytstvi boroshnianykh vyrobiv [New trends in the use of secondary grape processing products in the production of flour products]*. Kharkiv: KhDUKhT [in Ukrainian].
8. Shatniuk, L. (2005). Zbahachennia khlibobulochnykh vyrobiv mikronutriientiv [Enrichment of baked goods of micronutrients]. *Khliboprodukty – Khliboprodukti*, 1, 26–28[in Ukrainian].
9. Kusova, I. U., Lehkoy, I. S. (2009). Zakvaski pri proizvodstve rzhanogo khleba [Sourdough in the production of rye bread]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo – Confectionery and bakery production*, 9, 24-26 [in Russian].
10. Ільїна, А. А. (2002). Vykorystannia netradytsiinoi syrovyny pry vyrobnytstvi khlibobulochnykh vyrobiv [Use of non-traditional raw materials for the production of bakery products]. *Produkty*

kharchuvannia ta ratsionalne vykorystannia syrovynnykh resursiv – Food and Food and Rationary Services, 5, 7 [in Ukrainian].

11. Drobot, V. I. (Ed.) (2010). *Tekhnolohichni rozrakhunky u khlibopekarskomu vyrobnytstvi (zadachnyk) [Publishing and editing]*. Kyiv: In Yure [in Ukrainian].

UDC 664.641.4

Natalya Denysova, Alina Garkava, Nataliia Buialska

THE USE FERMENTED APPLE JUICE IN THE MANUFACTURING TECHNOLOGY OF RYE-WHEAT BREAD

Urgency of the research is due to the need to increase the nutritional value of bakery products while maintaining quality and increasing the cost-effectiveness of innovations.

Target setting. The growth of consumption of bakery products around the world dictates the need to develop new accelerated production technologies on the one hand, and on the other - preservation of vitamins, micro- and macro elements in products.

Analysis of recent research and publications. Scientific publications show the promising introduction into the recipe of baked goods of fermented grape juice, with high content of biologically active substances that increase the nutritional value of finished products.

Uninvestigated parts of general matters defining. The use of rye-wheat bakery products in the technology of other herbal additives has not been investigated, which provides for improvement of qualitative indices of products with the simultaneous enrichment of nutritive value.

Setting objectives. Development of the technology of making rye and wheat bread on the fermentation of fermented apple juice, which will improve the vitality of the mineral composition of the resulting products.

The statement of basic materials. The developed recipe for preparing rye-wheat bread on a spontaneous fermenting leaver with the addition of fermented apple juice in various concentrations (20, 40 and 60 g per 1 kg of flour), assessed the quality indicators of the studied samples in leaven, test semi-finished products, finished products.

Conclusions and offers. The positive effect of fermented apple juice on the activity of lactic acid bacteria of rye starters of spontaneous fermentation, due to the influence of its components on the starter microbiota, leads to improved quality indicators. The optimal dosage of the additive in 40 g has been established, which ensures the maximum possible values of porosity, crumb elasticity and form-stability of rye-wheat bread.

Keywords: rye-wheat bread; fermentation of spontaneous fermentation; fermented apple juice; manufacturing technology.

Table: 5. References: 11.

Денисова Наталя Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Denysova Natalya – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Food Technology, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: 4386793@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3522-4210>

ResearcherID: G-6068-2016

Гаркава Аліна Василівна – студент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Harkava Alina – student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: alinadeineko9@gmail.com

Буяльська Наталія Павлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Buialska Nataliia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Food Technology, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: buialska@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6800-5604>

ResearcherID: G-2935-2014

ScopusID: 57196191416

Наталія Буяльська, Валерія Воєдило, Наталя Денисова

ВИКОРИСТАННЯ ЙОДОВМІСНИХ ДОБАВОК У ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Актуальність теми дослідження. Забезпечення населення йодом – одне з найважливіших завдань у багатьох країнах, у тому числі в Україні. Збагачення продуктів харчування йодом сприяє його вирішенню.

Постановка проблеми. Збагачення хлібобулочних виробів йодом є перспективним напрямком. Однак воно все ще не має широко застосування через нестачу даних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблеми дефіциту йоду присвячені роботи багатьох вітчизняних і закордонних учених.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Недостатньо вивчені питання ефективності застосування різних йодовмісних добавок і їх впливу на органолептичні й фізико-хімічні показники якості хлібобулочних виробів. Асортимент хлібобулочних виробів, збагачених йодом, вимагає подальшої розробки.

Постановка завдання. Метою роботи було дослідження впливу йодовмісних добавок на органолептичні і фізико-хімічні показники якості хлібобулочних виробів із пшеничного борошна для підвищення харчової цінності хліба і виробництва виробів оздоровчого призначення.

Виклад основного матеріалу. Науково обґрунтовано та експериментально доведено доцільність застосування йодовмісних добавок «Йодактив» і «Ламінарія» в технології хлібобулочних виробів з метою поліпшення їхньої якості, підвищення харчової цінності та надання готовим виробам оздоровчих властивостей. За результатами фізико-хімічних і органолептичних досліджень встановлено, що досліджувані зразки хліба із вмістом добавки «Йодактив» в кількості 0,13 г і «Ламінарія» в кількості 0,5 г до маси борошна мають кращі показники якості.

Висновки. Вживання хліба з оптимальними концентраціями добавок «Йодактив» і «Ламінарія» забезпечує споживання приблизно 55 мкг йоду, або 37 % від його рекомендованої добової дози.

Ключові слова: йодовмісні добавки; мікроелементи, хлібобулочні вироби; продукти оздоровчого призначення.

Рис.: 1. Табл.: 3. Бібл.: 19.

Актуальність теми дослідження. Проблема забезпечення населення йодом є актуальною не тільки в Україні, але й закордоном. Приблизно 38 % всього населення проживає в умовах нестачі йоду в харчових продуктах, стикаючись із підвищеним ризиком захворювань щитовидної залози [1]. Найчастіше дефіцит йоду проявляється у вигляді ендемічного зобу [2]. Окремі групи населення вимагають більш суворого контролю за рівнем йоду в організмі. Наприклад, оптимальне йодне харчування необхідне під час вагітності для вироблення у матері тиреоїдних гормонів, необхідних для розвитку плода [3].

Споживання природних продуктів харчування зі значним вмістом йоду ускладнено через економічні обставини та невелику кількість і якість цих продуктів харчування на ринку України [4]. Результати досліджень йодної забезпеченості населення України свідчать про наявність на території країни йодної недостатності різного ступеня – від легкої до важкої [5]. У зв'язку з цим актуальним є використання йодовмісних харчових добавок або шляхом їх безпосереднього вживання, або шляхом додавання в продукти харчування під час приготування. Другий із зазначених способів найбільш ефективний для організації широкої йодної профілактики населення.

Постановка проблеми. Традиційним способом забезпечення йодом населення, яке проживає в умовах дефіциту цього елемента в місцевих продуктах харчування, є збагачення кухонної солі калій йодатом. Додавання йоду, переважно шляхом збагачення кухонної солі, почалося на початку 1920-х років у Швейцарії і США [6]. Однак цей спосіб, як виявилось, має певні недоліки, насамперед пов'язані з ризиком перевищення безпечного рівня йоду в добовому раціоні. Негативні наслідки багаторічної йодної профілактики ендемічного зобу йодованою сіллю були відзначені в США, Австралії, Німеччині, що відобразилося в збільшенні частоти захворювань щитовидної залози, викликаних надлишком йоду [7]. У зв'язку з цим перевагу мають продукти харчування, збагачені йодом, вживання яких не може призвести до гіпертиреозу.

В Україні питання виробництва продуктів харчування, збагачених на йод, є невирішеним [4]. У зв'язку з цим необхідне проведення подальших досліджень із виявлення оптимальних йодовмісних добавок, а також особливостей їх застосування у виробництві вітчизняних продуктів оздоровчого призначення.

Найбільш доступним продуктом харчування, який може забезпечити скорочення дефіциту йоду в організмі після його збагачення, є хліб.

Однак у сучасному хлібопекарському виробництві проблема збагачення хліба йодом повністю не вирішена, незважаючи на розроблені хлібобулочні вироби з йодвмісними продуктами органічної та неорганічної природи [8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні дослідження спрямовані на різні аспекти проблеми дефіциту йоду в продуктах харчування – від аналізу його кількості в окремих продуктах харчування і в раціоні загалом [9; 10], а також пошуку альтернативних шляхів забезпечення людей продуктами харчування, збагаченими йодом [11], до впливу окремих джерел йоду на якість збагачених ними виробів, зокрема хлібобулочних [12–14]. Найчастіше як джерело йоду розглядають кухонну сіль, збагачену калій йодатом, яка додається при випіканні хліба. Проте, як показали дослідження, проведені в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України, загальні втрати йоду під час технологічного процесу виготовлення для неорганічних носіїв складають 71–88 % [8].

Серед вітчизняних авторів, що досліджують питання збагачення хлібобулочних виробів йодом, слід відзначити роботи Л. Ю. Арсенєвої, Л. О. Шаран, М. М. Антонюк, В. І. Дробот та В. Ф. Доценко. Ними проведено дослідження, спрямовані на розробку мінерально-вітамінної суміші для збагачення хлібобулочних виробів йодом, пошук оптимальних джерел йоду і можливостей їх використання [15; 16].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Нині залишаються недостатньо вивченими питання ефективності застосування різних харчових добавок, що містять йод, враховуючи його втрати при приготуванні продуктів харчування. Асортимент хлібобулочних виробів, збагачених йодом, вимагає подальшої розробки з урахуванням технологічних можливостей, медико-біологічних показників та економічної доцільності. Недостатньо вивчений вплив йодовмісних добавок на органолептичні й фізико-хімічні показники якості різних хлібобулочних виробів.

Метою статті є дослідження впливу йодовмісних добавок на органолептичні та фізико-механічні показники якості хлібобулочних виробів з пшеничного борошна для підвищення харчової цінності хліба та створення виробів оздоровчого призначення.

Виклад основного матеріалу. Як об'єкт збагачення був вибраний хліб «Обідній» масою 0,8 кг формовий із пшеничного борошна вищого гатунку і пшеничного борошна першого гатунку.

Якість отриманого виробу оцінювали дослідженням пробної лабораторної випічки хліба, приготованого з борошна пшеничного вищого і першого гатунку, солі, води питної, дріжджів, йодовмісних добавок «Йодактив» та «Спіруліна». Йодовмісні добавки вносили при замішуванні тіста в концентраціях 0,10; 0,13; 0,17 г («Йодактив») та 0,33; 0,5; 0,67 г («Ламінарія») на 100 г борошна.

Для хлібобулочних виробів вміст ендogenous йоду становить 3,0–8,4 мкг / 100 г залежно від виду й сорту борошна. Дозування добавок обирали відповідно до «Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії» [17] з врахуванням вмісту основного елемента в добавці та його втрат при веденні технологічного процесу. Фізіологічна норма йоду для дорослого населення становить 150 мкг / добу (жінки) та 200 мкг / кг (чоловіки). На думку спеціалістів з гігієни харчування, харчові продукти мають збагачуватися мікронутрієнтами до рівня, що не перевищує 50 % добової потреби в окремому мікронутрієнті внаслідок вживання середньої добової кількості продукту. При визначенні концентрації добавки враховували норму споживання пшеничного хліба, затверджену Кабінетом Міністрів України для розрахунку споживчої корзини [18], яка на сьогодні становить 277 г / добу.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Вміст йоду в готових виробках визначали інверсійно-вольтамперометричним аналізом водного розчину проби після попередньої пробопідготовки (за ДСТУ 4816:2007 «Продукти харчові. Методи визначення вмісту загального йоду»).

Результати дослідження представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Вміст йоду в збагачених виробках

Показник	Зразки готового виробу					
	з добавкою «Йодактив», г / 100 г борошна			з добавкою «Ламінарія», г / 100 г борошна		
	0,10	0,13	0,17	0,33	0,50	0,67
Вміст йоду, мг / 100 г виробу	0,014 ±0,003	0,020 ±0,006	0,027 ±0,006	0,012 ±0,004	0,019 ±0,001	0,022 ±0,002

Таким чином, з урахуванням добової дози споживання хлібу пшеничного та норм фізіологічних потреб йоду, оптимальною концентрацією йодовмісних добавок «Йодактив» є 0,13 г / 100 г борошна та «Ламінарія» – 0,5 г / 100 г борошна (споживання за добу 277 г пшеничного хлібу з добавкою передбачає споживання йоду приблизно 55 мкг, або 37 % від рекомендованого добового споживання).

Важливо було також дослідити, як обрані добавки впливають на якість сировини, тіста та готових виробів. Форму хліба, колір і зовнішній вигляд, смак і запах оцінювали органолептичним способом за методикою згідно з ГОСТ 27669-88. Контроль якості хліба здійснювали за фізико-хімічними властивостями – вологістю (за ГОСТ 21094-75), кислотністю (прискореним методом ГОСТ 5670-96), пористістю (за ГОСТ 5669-96); крихкуватість та кількість води, яку поглинає м'якушка, визначали за методикою [19].

Вплив добавок на показники якості дріжджів оцінювали за зимазною та мальтазною активністю та підйомною силою. Добавка йодактиву не впливає на зимазну активність дріжджів (рисунок), яка становить 45 хв, як і в контрольному зразку. Додавання йодвмісної добавки «Ламінарія» призводить до покращення зимазної активності дріжджів на 18 % (10 см³ CO₂ виділяється за 37 хв). Отже, при внесенні добавки «Ламінарія» спостерігається підвищення біотехнологічних властивостей пресованих дріжджів, а саме зимазної активності, що може забезпечити скорочення часу технологічного процесу.

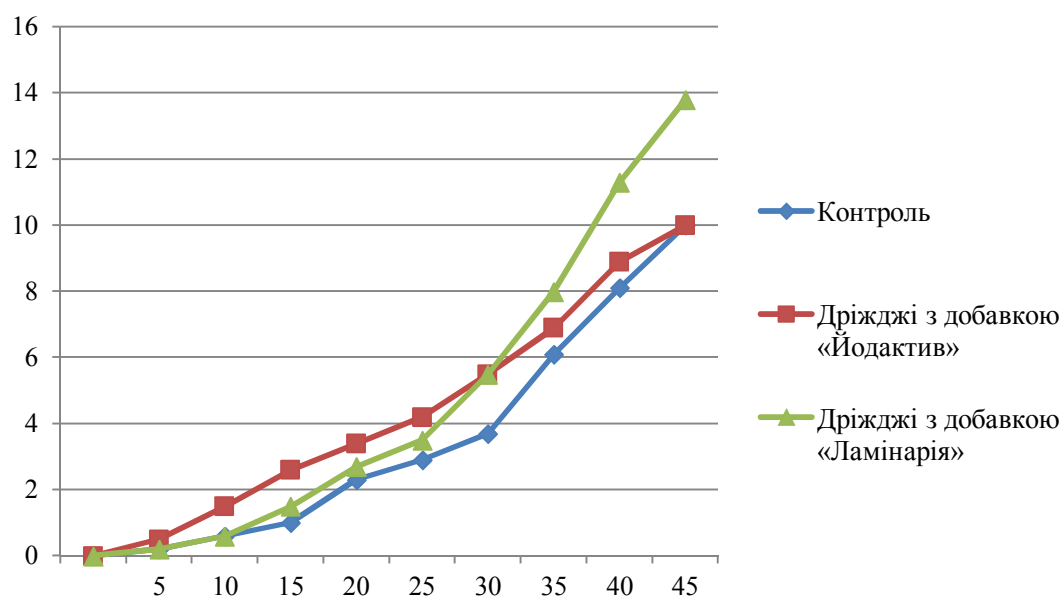


Рис. Графік залежності виділеного вуглекислого газу (см³) від часу

Внесення добавок незначно погіршує показники мальтазної активності дріжджів у порівнянні з контролем, але показники ферментативної активності збагачених дріжджів відповідають показникам хлібопекарських дріжджів гарної якості (мальтазна активність дріжджів хорошої якості повинна бути не більше ніж 100 хв, зимазна – не більше як 70 хв).

Йодовмісні добавки незначно зменшують час підйому кульки, а отже, покращують підйомну силу дріжджів. Найкраща підйомна сила дріжджів спостерігається з додаванням йодактиву (0,1 г) та з додаванням ламінарії (0,5 г) на 100 г борошна.

Зведені дані проведених досліджень якості тіста з додаванням йодовмісних добавок «Йодактив» та «Ламінарія» оптимальної концентрації представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Показники якості тіста з йодвмісними добавками

Показники якості тіста	Контроль	Тісто з добавкою «Йодактив»	Тісто з добавкою «Ламінарія»
Кількість добавки, г / 100 г борошна	–	0,13	0,50
Вологість тіста, %	45,3	44,9	45,0
Температура початкова, °С	29,3	27,1	27,9
Температура кінцева, °С	33,1	30,5	31,3
Кислотність початкова, град	3,3	4,2	4,1
Кислотність кінцева, град	3,5	4,5	4,3
Органолептична характеристика тіста:			
колір	сіруватий	сіруватий	сіруватий
смак	властивий цьому виробу	властивий цьому виробу	властивий цьому виробу
запах	без стороннього запаху	без стороннього запаху	без стороннього запаху
консистенція	однорідна	однорідна	однорідна
Параметри бродіння тіста:			
тривалість, хв	150	150	150
температура, °С	36	36	36
Маса сформованих тістових заготовок, г	890	925	944
Параметри вистоювання т/з:			
тривалість, хв	35	35	35
температура, °С	36	36	36
Параметри випікання:			
тривалість, хв	45	50	50
температура, °С	220	220	220

Треба зазначити, що вологість тіста зменшується з додаванням добавки «Йодактив» та «Ламінарія» в порівнянні з вологістю контрольного зразка. Це пояснюється тим, що йодовмісні добавки добре поглинають вологу.

Внесення добавок сприяє більш інтенсивному кислотонакопиченню в тісті, що зменшує тривалість вистоювання виробів і позитивно відображається на смакових якостях хліба. При безопарному способі приготування важко забезпечити дозрівання напівфабрикатів за короткий час. Тому це може позитивно вплинути на структуру хліба, виготовленого безопарним способом.

Встановлено, що у тісті з добавкою «Йодактив» та в тісті з добавкою «Ламінарія» в оптимальних концентраціях спостерігається найкраща газотримуюча здатність. Тісто з підвищеними концентраціями йодовмісних добавок спочатку бродить добре, але через деякий час відмічається погіршення газотворювальної здатності та повне його припинення.

Зведені дані показників якості готових виробів із додаванням йодовмісних добавок «Йодактив» та «Ламінарія» оптимальної концентрації представлені в табл. 3.

Показники якості готових виробів з йодвмісними добавками

Показники якості тіста готових виробів	Контроль	Хліб з добавкою «Йодактив»	Хліб з добавкою «Ламінарія»
Кількість добавки, г / 100 г борошна	–	0,13	0,50
Маса гарячого хліба, г	742	801	795
Маса хліба через годину випікання, г	725	782	779
Вологість м'якушки, %	43,6	43,7	41,9
Кислотність м'якушки, град	1,9	1,5	1,7
Пористість м'якушки, %	57,5	61,4	59,5
Органолептичні показники:			
зовнішній вигляд	достатнього розміру, пропечений	достатнього розміру, пропечений	достатнього розміру, пропечений
колір і стан поверхні	гладенька, однорідна	гладенька, є незначні підриви	гладенька, є незначні підриви
колір і стан м'якушки	світлий, пориста	світлий, пориста	незначний зеленуватий відтінок, пориста
смак	властивий цьому виробу	властивий цьому виробу	ледь помітний присмак спіруліни
запах	без стороннього запаху	без стороннього запаху	без стороннього запаху

Таким чином, за результатами органолептичної оцінки всі дослідні зразки хліба з йодвмісними добавками характеризувались правильною формою, рівномірною тонко-стінною пористістю, мали еластичну м'якушку, характерний смак та запах.

Висновки відповідно до статті. Науково обґрунтовано й експериментально доведено доцільність застосування йодвмісних добавок «Йодактив» та «Ламінарія» в технології хлібобулочних виробів з метою покращення їхньої якості, підвищення харчової цінності і надання готовим виробам оздоровчих властивостей. За результатами фізико-хімічних та органолептичних досліджень було встановлено, що досліджувані зразки із вмістом добавки «Йодактив» у кількості 0,13 г та «Ламінарія» у кількості 0,5 г до маси борошна мають найкращі показники якості. Вживання хлібу з оптимальними концентраціями зазначених добавок забезпечує споживання приблизно 55 мкг йоду, або 37 % від його рекомендованої добової дози.

Список використаних джерел

- Smoleń S., Sady W., Wierzbińska J. The effect of KI and KIO₃ fertilization on iodine uptake efficiency and content of mineral elements in leaves and fruits of tomato cultivated in hydroponics (NFT system). *Environmental protection and natural resources*. 2011. № 48. P. 31–39.
- Козярін І. П., Корзун В. Н. Медико-соціальні проблеми профілактики йододефіцитних захворювань. *Мистецтво лікування*. 2009. № 4. С. 39–43.
- Women Remain at Risk of Iodine Deficiency during Pregnancy: The Importance of Iodine Supplementation before Conception and Throughout Gestation / K. L. Hynes [et al.]. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, Issue 1. P. 172. URL: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/1/172>.
- Удосконалення виробництва та дослідження якості хлібобулочних виробів, збагачених на йод / М. П. Головка [та ін.]. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2015. Т. 3, № 3 (23). С. 26–29.
- Цимбаліста Н. В., Давиденко Н. В. Стан фактичного харчування населення та аліментарно обумовлена захворюваність. *Проблеми харчування*. 2008. № 12. С. 32–35.
- Leung A. M., Braverman L. E., Pearce E. N. History of U.S. Iodine Fortification and Supplementation. *Nutrients*. 2012. Vol. 4 (11). P. 1740–1746.
- Арсеньєва Л. Ю., Герасименко Л. А., Антонюк М. Н. Йодирование хлеба – один из путей решения проблемы йододефицита. *Медицина и фармация: материалы I Междунар. конф. стран СНГ*, Одесса, 27–29 ноября 2003 г. Одесса, 2003. С. 16–20.

8. Шаран Л. О. Обґрунтування та розробка раціональної технології йодування хлібобулочних виробів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.01 / Національний університет харчових технологій. Київ, 2006. 22 с.
9. Sources of Dietary Iodine: Bread, Cows' Milk, and Infant Formula in the Boston Area / Elizabeth N. Pearce [et al.]. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2004. Vol. 89. Issue 7. P. 3421–3424.
10. Iodine Intake through Processed Food: Case Studies from Egypt, Indonesia, the Philippines, the Russian Federation and Ukraine, 2010–2015 / J. Knowles [et al.]. *Nutrients*. 2017. Vol. 9. Issue 8. P. 797. URL: <https://www.mdpi.com/2072-6643/9/8/797>.
11. Krzepińko A., Zych-Wężyk I., Molas J. Alternative ways of enriching the human diet with iodine. *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*. 2015. Vol. 9. No 2. P. 167–171.
12. Harris M. J., Jooste P. L., Charlton K. E. The use of iodised salt in the manufacturing of processed foods in South Africa: bread and bread premixes, margarine, and flavourants of salty snacks. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2003. Vol. 54. P. 13–19.
13. Kohajdová Z., Karovičová J. Impact of potassium iodate on the quality of wheat-spelt baked goods. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia*. 2010. Vol. 9(4). P. 443–450.
14. Impact of iodized table salt on the sensory characteristics of bread, sausage and pickle / M. Greisa [et al.]. *Food Science and Technology*. 2008. Vol. 93. P. 606–612.
15. Арсеньєва Л. Ю., Герасименко Л. О., Антонюк М. М. Досвід і перспективи збагачення хліба йодом. *Проблеми харчування*. 2004. № 1. С. 35–43.
16. Лотоцька-Дудик У. Б., Крупка Н. О. Нутриціологічна профілактика йодної недостатності. *Львівський медичний часопис*. 2011. Т. XVII, № 1. С. 100–105.
17. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 03.09.2017 р. № 1073. *Інформаційно-пошукова система «Законодавство України»*. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17>.
18. Про затвердження наборів продуктів харчування, наборів непродовольчих товарів та наборів послуг для основних соціальних і демографічних груп населення: Постанова Кабінету Міністрів України від 11 жовтня 2016 р. № 780. *Інформаційно-пошукова система «Законодавство України»*. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/780-2016-%D0%BF>.
19. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва / за ред. В. І. Дробот. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 341 с.

References

1. Smoleń, S., Sady, W., Wierzbińska, J. (2011). The effect of KI and KIO₃ fertilization on iodine uptake efficiency and content of mineral elements in leaves and fruits of tomato cultivated in hydroponics (NFT system). *Environmental protection and natural resources*, 48, 31–39 [in Polish].
2. Koziarin, I. P., Korzun V. N. (2009). Medyko-sotsialni problemy profilaktyky yododeficytynykh zakhvoriuvan [Medical and social problems of prevention of iodine deficiency diseases]. *Mystetstvo likuvannia – Art of treatment*, 4, 39–43 [in Ukrainian].
3. Kristen, L. H., Seal, J. A., Otahal, P., Oddy, W. H., Burgess, J. R. (2019). Women Remain at Risk of Iodine Deficiency during Pregnancy: The Importance of Iodine Supplementation before Conception and Throughout Gestation. *Nutrients*, 11, 172. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/1/172>.
4. Holovko, M. P., Polupan, V. V., Bakirov, M. P., Kolodii, I. I. (2015). Udoskonalennia vyrobnytstva ta doslidzhennia yakosti khlibobulochnykh vyrobiv, zbahachenykh na yod [Improving the production and research of the quality of bakery products fortified with iodine]. *Tekhnolohichniy audyt ta rezervy vyrobnytstva – Technology audit and production reserves*, 3/3 (23), 26–29 [in Ukrainian].
5. Tsybalista, N. V., Davydenko N. V. (2008). Stan faktychnoho kharchuvannia naseleennia ta alimentarno obumovlena zakhvoriuvanist [The state of actual nutrition of the population and alimentary caused diseases]. *Problemy kharchuvannia – Nutrition Problems*, 12, 32–35 [in Ukrainian].
6. Angela, M. L., Braverman L. E., Pearce, E. N. (2012). History of U.S. Iodine Fortification and Supplementation. *Nutrients*, 4, 1740–1746 [in English].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

7. Arseneva, L. Iu., Herasymenko, L. A., Antoniuk, M. N. (2003). *Yodyrovanye khleba – odyu yz putei resheniya problemy yoddefytsyta [Iodization of bread – one of the ways to solve the problem of iodine deficiency]*. I Mezhdunarodnaia konferentsiia stran SNG “Meditsina i farmatciia” [International Conference of the CIS countries “Medical and Pharmaceutical”] (Odessa, November 27–29, 2003). Exhibition Center of the Odessa Sea Port [in Russian].
8. Sharan, L. O. (2006). *Obgruntuvannia ta rozrobka ratsionalnoi tekhnologii yoduvannia khlibobulochnykh vyrobiv [The rational technology substantiation and development of iodination of bakery products]*. (Doctor’s thesis). National University of Food Technologies, Kyiv [in Ukrainian].
9. Pearce, E. N., Pino, S., He, X., Bazrafshan, H. R., Lee, S. L., Braverman, L.E. (2004). Sources of Dietary Iodine: Bread, Cows’ Milk, and Infant Formula in the Boston Area. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(7), 3421–3424 [in English].
10. Knowles, J., van der Haar, F., Shehata, M., Gerasimov, G., Bimo, B., Cavenagh, B., Maramag, C. C., Otico, E., Izwardy, D., Spohrer, R., Garrett, G. S. (2017). Iodine Intake through Processed Food: Case Studies from Egypt, Indonesia, the Philippines, the Russian Federation and Ukraine, 2010–2015. *Nutrients*, 9 (8), 797. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2072-6643/9/8/797>.
11. Krzepilko, A., Zych-Wężyk, I., Molas, J. (2015). Alternative ways of enriching the human diet with iodine. *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*, 9 (2), 167–171 [in English].
12. Harris, M. J., Jooste, P. L., Charlton, K. E. (2003). The use of iodised salt in the manufacturing of processed foods in South Africa: bread and bread premixes, margarine, and flavourants of salty snacks. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54, 13–19 [in English].
13. Kohajdová, Z., Karovičová, J. (2010). Impact of potassium iodate on the quality of wheat-spelt baked goods. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia*. 9(4), 443–450 [in English].
14. Greisa, M., Seppä, L., Venäläinen, E.-R., Lyytikäinen, A., Tuorila, H. (2018). Impact of iodized table salt on the sensory characteristics of bread, sausage and pickle. *Food Science and Technology*, 93, 606–612 [in English].
15. Arsenieva, L. Iu., Herasymenko, L. O., Antoniuk, M. M. (2004). Dosvid i perspektyvy zbahachennia khliba yodom [Experience and prospects of bread enrichment with iodine]. *Problemy kharchuvannia. – Nutrition Problems*, 1, 35–43 [in Ukrainian].
16. Lototska-Dudyk, U. B., Krupka, N. O. (2011). Nutrytsiologichna profilaktyka yodnoi nedostatnosti [Nutritional prophylaxis of iodine deficiency]. *Lvivskiy medychniy chasopys – Lviv medical journal*, XVII, 1, 100–105 [in Ukrainian].
17. Pro zatverdzhennia Norm fiziologichnykh po-treb naseleattia Ukrainy v osnovnykh kharchovykh rehovynakh ta enerhii [On the approval of norms of the physiological needs of the population of Ukraine in basic food substances and energy]. (2017). *zakon2.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17>.
18. Pro zatverdzhennia naboriv produktiv kharchuvannia, naboriv neprodovolchykh tovariv ta naboriv posluh dlia osnovnykh sotsialnykh i demografichnykh hrup naseleattia [Order of the Ministry of Health of Ukraine On the approval of sets of food items, sets of non-food items and service kits for the main social and demographic groups of the population]. (October 11, 2016). *zakon2.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/780-2016-%D0%BF>.
19. Drobot, V. I. (Eds.). (2006). *Laboratornyi praktykum z tekhnologii khlibopekarskoho ta makaronnoho vyrobnytstv: navchalnyi posibnyk [Laboratory handbook on Bakery and Macaroni Technology]*. Kyiv: Tsentr navchalnoi literatury [in Ukrainian].

UDC 664.66.022.39

Nataliia Buialska, Valeriya Voedilo, Natalya Denisova

USE OF IODINE-CONTAINING ADDITIVES IN THE PRODUCTION OF WELLNESS BAKERY PRODUCTS

Urgency of the research. The iodine supply of the population is one of the most important task in many countries, including Ukraine. Iodine enrichment of bakery products contributes to its solution.

Target setting. The enrichment of bakery products with iodine is promising direction. However, it is still not used widely due to insufficient data.

Actual scientific researches and issues analysis. Works of many domestic and foreign scientists are devoted to the problem of iodine deficiency.

Uninvestigated parts of general matters defining. Issues of the efficiency of using various iodine-containing additives and their influence on the organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of bakery products have not been studied sufficiently. Further development of the assortment of bakery products fortified with iodine is required.

The research objective. The aim of the work was to investigate the effect of iodine-containing additives on organoleptic and physico-chemical quality indicators of bakery products from wheat flour for improving the nutritional value of bread and producing wellness food products.

The statement of basic materials. The advisability of using iodine-containing additives "Iodaktiv" and "Laminariia" in the technology of bakery products in order to improve their quality, raise nutritional value and provide wellness properties of finished products has been proved on the basis of scientific and experimental data. On the basis of organoleptic and physico-chemical studies it was established that studied bread samples containing additive "Iodaktiv" in quantity of 0,13 g and additive "Laminariia" in quantity of 0,5 g are characterized by higher quality indicators.

Conclusions. Consumption of bread fortified with additives "Iodaktiv" and "Laminariia" in optimal concentrations provides intake of approximately 55 µg of iodine or 37 % of the total iodine daily dose, which is recommended.

Keywords: iodine-containing additives; microelements; bakery products; wellness food products.

Fig.: 1. Table: 3. References: 19.

Буяльська Наталія Павлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Buialska Nataliia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Food Technology, Chernihiv National University of Technology (Shevchenka Str., 95, 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: buialska@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6800-5604>

ResearcherID: G-2935-2014

ScopusID: 57196191416

Воєдило Валерія Олегівна – студент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Voedilo Valeriya – student, Chernihiv National University of Technology (Shevchenka Str., 95, 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: v.voedilo@ukr.net

Денисова Наталя Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Denisova Natalya – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Food Technology, Chernihiv National University of Technology (Shevchenka Str., 95, 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: 4386793@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3522-4210>

ResearcherID: G-6068-2016

Наталія Божко, Василь Тищенко, Василь Пасічний, Руслан Ревенко

БЛОКВМІСНА СИРОВИНА РЕГІОНАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА В ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСОМІСТКОЇ ВАРЕНО-КОПЧЕНОЇ КОВБАСИ

Актуальність теми дослідження. Дефіцит найважливіших для організму людини біологічно активних речовин у сучасних продуктах харчування спонукає населення до значного споживання їжі, щоб забезпечити дефіцит амінокислот, поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин та вітамінів.

Постановка проблеми. Вирішити цю проблему можна шляхом комбінування різних видів сировини, тобто створити полікомпонентні продукти харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Створення інноваційних полікомпонентних продуктів на основі прісноводної риби регіонального виробництва, м'яса птиці механічного обвалювання та деяких видів субпродуктів дає можливість значно знизити собівартість ковбасних та кулінарних виробів, при одночасному покращенні показників якості та харчової цінності.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз літературних джерел вказує на відсутність досліджень і розробок нових інноваційних рецептур та технологій м'ясомістких варено-копчених ковбас із використанням різних видів регіональної аквакультури.

Постановка завдання. Дослідження можливості використання регіональної аквакультури в рецептурі м'ясомісткої варено-копченої ковбаси, аналіз харчової цінності розробленої м'ясомісткої варено-копченої ковбаси, вивчення функціонально-технологічних, органолептичних та мікробіологічних показників розробленої м'ясомісткої варено-копченої ковбаси.

Виклад основного матеріалу. Розроблена рецептура та технологія м'ясомісткої варено-копченої ковбаси, яка включає сировину регіонального походження, а саме м'ясо прісноводної регіональної аквакультури, білки рослинного походження соєвий ізолят та протеїн насіння коноплі. Запропоновані вироби мають високі функціонально-технологічні властивості фаршевих систем, показники якості і безпеки готової продукції і підвищений вміст білку з одночасним зниженням енергетичної цінності.

Висновки відповідно до статті. На підставі аналізу комплексу показників підтверджено можливість підвищення функціонально-технологічних властивостей модельних фаршів м'ясомістких варено-копчених ковбас: вмісту волози до 77,20 %, ВУЗ – до 69,66 %, ЕЗ – до 94,32 %, СЕ – 61,10 %. Розроблені ковбаси є безпечними за мікробіологічними показниками. Підтверджено високу харчову цінність за вмістом основних поживних речовин. Підтверджується можливість комбінування м'яса прісноводної риби із традиційними видами м'ясної і рослинної сировини для підвищення харчової цінності та економічної ефективності виробництва м'ясомістких варено-копчених ковбас.

Ключові слова: м'ясомісткі варено-копчені ковбаси; регіональна аквакультура; протеїн насіння коноплі.

Рис.: 3. Табл.: 5. Бібл.: 15.

Актуальність теми дослідження. Дефіцит найважливіших для організму людини біологічно активних речовин у сучасних продуктах харчування спонукає населення до значного споживання їжі, щоб забезпечити дефіцит амінокислот, поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин та вітамінів. Надмірне споживання їжі призводить до ожиріння, що є відомим фактом.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), більш ніж 1,9 млрд дорослого населення планети мають надлишкову масу, а понад 600 млн страждають на ожиріння. Тому одним із головних завдань галузі харчових технологій сьогодення є пошук альтернативних сировинних ресурсів, які б дозволили створити продукти раціонального харчування. До цієї категорії належать продукти, що забезпечують організм людини необхідними поживними речовинами, а також запобігають хворобам, що пов'язані з харчуванням, та покращують фізичний і психологічний стан.

Постановка проблеми. Вирішити цю проблему можна шляхом комбінування різних видів сировини, тобто створити полікомпонентні продукти харчування. Комбіновані продукти харчування в останні роки стали популярні в багатьох країнах світу. Введення до їх рецептури продуктів тваринного і рослинного походження, а також об'єктів аквакультури забезпечує їх полікомпонентність. У результаті ці продукти являють собою єдине ціле, що складається із нутрієнтів, які окремо не можуть забезпечити оптимальні органолептичні, фізико-хімічні, енергетичні та лікувально-профілактичні показники.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дедалі більшої популярності в харчовій технології набуває використання регіональних біоресурсів та створення на їх основі продуктів харчування високої біологічної цінності, та відносно не дорогих за вартістю.

© Божко Н. В., Тищенко В. І., Пасічний В. М., Ревенко Р. С., 2019

Створення інноваційних полікомпонентних продуктів на основі прісноводної риби регіонального виробництва, м'яса птиці механічного обвалювання та деяких видів субпродуктів дає можливість значно знизити собівартість ковбасних та кулінарних виробів, при одночасному покращенні показників якості та харчової цінності [1-3].

Дослідження, присвячені розробці м'ясомістких продуктів на основі м'яса прісноводної риби [4-6], показали, що за своїми функціонально-технологічними та органолептичними характеристиками ці продукти не поступаються традиційним на основі м'яса свинини та яловичини.

Серед рослинної сировини, що застосовуються в ковбасному виробництві, є популярною соя та продукти їх переробки. Її використовують як додаткове джерело білку, проте в деяких регіонах, зокрема в Сумській області, перспективним джерелом рослинного білка є технічна конопля.

За даними авторів [7; 8], насіння конопель містить від 24 до 40,7 % сирого протеїну, який засвоюється організмом людини на 84,1-86,2 %. За результатами досліджень авторів [9; 10], які оцінювали амінокислотний склад і фізико-хімічні та функціональні властивості білкового ізоляту конопель (*Cannabissativa L.*) та порівнювали з ізолятом соєвого білка, основним білковим компонентом був едестін, вид гексамерного легуміну. Ізольований білок коноплі мав подібні або більш високі рівні незамінних амінокислот (за винятком лізину), у порівнянні з цими амінокислотами соєвого білкового ізоляту. Есенціальні амінокислоти в білковому ізоляті конопель (за винятком лізину та амінокислот, що містять сірку) є достатніми для вимог ФАО/ВООЗ для дітей 2-5 років. Вони легко перетравлюються організмом та засвоюються з мінімальними витратами енергії.

Протеїн із насіння конопель добре вбудовується у фаршеві системи різних видів продуктів [11; 12], після засвоєння організмом покращує роботу м'язів, що особливо важливо при розробці продуктів функціонального призначення насамперед для людей, що активно займаються спортом та ведуть інтенсивний спосіб життя.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз літературних джерел вказує на відсутність досліджень і розробок нових інноваційних рецептур та технологій м'ясомістких варено-копчених ковбас із використанням різних видів регіональної аквакультури.

Мета статті. Метою досліджень є теоретичне та експериментальне обґрунтування доцільності комбінування м'яса регіональної аквакультури у складі м'ясомісткої варено-копченої ковбаси.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- дослідити можливість використання регіональної аквакультури в рецептурі м'ясомісткої варено-копченої ковбаси;
- провести аналіз харчової цінності розробленої м'ясомісткої варено-копченої ковбаси;
- вивчити функціонально-технологічні, органолептичні та мікробіологічні показники розробленої м'ясомісткої варено-копченої ковбаси.

Виклад основного матеріалу. Для вирішення поставлених завдань у технології варено-копчених м'ясомістких ковбас використовували м'ясо регіональної аквакультури та білкові інгредієнти рослинного походження.

До рецептури контрольного зразка варено-копченої ковбаси входили такі компоненти: качине м'ясо, свинина напівжирна, шпик, кухонна сіль та спеції, нітрит натрію.

Для підвищення економічної ефективності виробництва в рецептурах частково замінили свинину напівжирну на м'ясо регіональної аквакультури, а саме товстолобика білого в кількості 30-35 %, що обумовлюється меншою собівартістю цього виду сировини і наявністю цієї пропозиції на ринку. З метою поліпшення функціонально-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

технологічних властивостей до рецептури вводили соєвий ізолят та препарат протеїну коноплі регіонального виробництва.

Протеїн конопляний (повноцінний білок із насіння конопель) виготовлений ФГ «Екосвіт» Україна, Сумська область). Його харчова цінність в 100 г: білки 50,4 г, вуглеводи – 23 г, жири – 11 г, енергетична цінність 440 кКал, або 1650 кДж.

Рецептурний склад основної сировини контрольного та дослідних зразків м'ясомістких варено-копчених ковбас наведений в табл. 1. Частка кухонної солі та спецій у дослідних і контрольному зразках не змінювалась, кількість нітриту натрію зменшувалась пропорційно зменшенню м'ясної сировини.

Таблиця 1

Варіанти рецептур ковбаси варено-копченої м'ясомісткої з регіональною аквакультурою

Складові компоненти	Контрольний зразок, %	Рецептура 1, %	Рецептура 2, %
Основна сировина, кг на 100 кг несоленої сировини			
М'ясо качки	55	-	-
Свинина напівжирна	32	35	30
Фарш товстолобика	-	30	35
Шпик боковий	13	10	10
Соєвий ізолят	-	5,0	4,5
Протеїн коноплі	-	3,0	3,5
Яєчний порошок	-	2	2
Всього	100	100	100
Прянощі та допоміжні матеріали, г на 100 кг несоленої сировини			
Сіль кухонна	3000	3000	3000
Цукор-пісок	100	100	100
Перець чорний	100	100	100
Нітрит натрію	5	3	2,7
Мускатний горіх	50	50	50
Часник чищений свіжий	200	200	200

Для розробки нової рецептури обрали рецептуру-аналог ковбаса напівкопчена «Утиная» [13].

Технологічна схема виготовлення варено-копчених ковбас представлена на рис. 1.

У модельних зразках фаршів м'ясомістких варено-копчених ковбас визначали функціонально-технологічні властивості згідно зі стандартними методиками: вміст вологи, вологозв'язуюча здатність фаршу відносно загального вмісту вологи в наважці (ВЗЗ_a), вологоутримуюча здатність (ВУЗ), емульгуюча здатність (ЕЗ), стабільність емульсії (СЕ) [14] та харчова цінність.

Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначали за наступною методикою (ДСТУ 8446:2015). Виявлення БГКП (коліформних бактерій) проводили згідно з ДСТУ 8446:2015.

Результати досліджень.

Наведена в табл. 2 оцінка харчової та енергетичної цінності готових виробів свідчить, що в ковбасах, виготовлених за розробленими рецептурами, значно збільшився вміст білків (у середньому на 39,2 % порівняно з контролем). У результаті удосконалення рецептур у дослідних варено-копчених ковбасах вміст жиру зменшився більше ніж у двічі і становив 15,63-15,92 %. Енергетична цінність ковбас дослідних зразків була в межах 232,52-229,39 кКал, що на 59,69-58,89 % відповідно менше, ніж у продукті аналогу.

Крім того, у дослідних зразках спостерігається зростання концентрації мінеральних речовин (у середньому на 65 %) і становить 1,24 %.

Показники харчової цінності дослідних зразків

Найменування	Контроль	Рецептура 1	Рецептура 2
Вміст білка, г/100 г	15,43	21,61	21,36
Вміст жиру, г/100 г	36,42	15,92	15,63
Вуглеводи, г/100 г	-	0,70	0,82
Мінеральні речовини, г/100 г	0,75	1,24	1,24
Енергетична цінність, Ккал	389,50	232,52	229,39

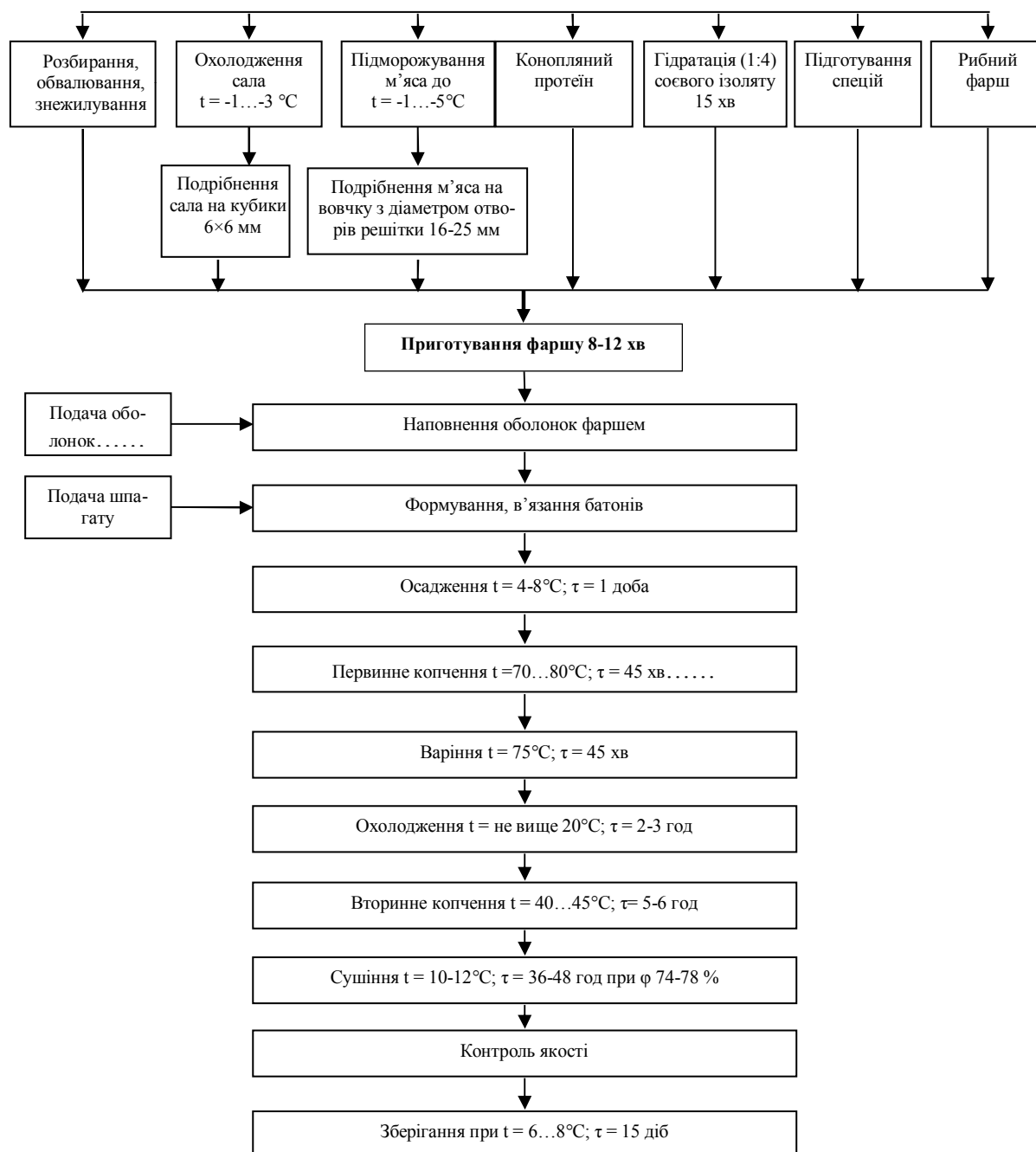


Рис. 1. Технологічна схема виготовлення варено-копченої ковбаси з регіональною аквакультурою

У процесі досліджень вивчали функціонально-технологічні показники модельних фаршів варено-копчених ковбас із м'ясом качки та прісноводної риби. Отримані результати наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Функціонально-технологічні показники фаршів із м'ясом качки та прісноводної риби

Найменування	Вміст вологи, %	ВЗЗ _m , %	ВЗЗ _a , %	ВУЗ, %	pH, %
Контроль	60,89±1,39	60,46±0,04	99,28±0,06	31,12±3,74	5,97±0,01
Зразок № 1	77,20±1,70	72,89±0,20	94,42±0,26	69,66±2,62	6,17±0,01
Зразок № 2	75,88±0,13	66,10±2,32	73,91±3,02	65,90±4,24	6,24±0,02

Представлені в табл. 3 результати свідчать, що фарш м'ясомісткої варено-копченої ковбаси за рецептурою № 1 має кращі функціонально-технологічні показники. Вміст вологи в зразку № 1 є на рівні (77,20±1,70) %, що на 26,79 % вище порівняно з контрольним зразком і на 1,7 % вище порівняно зі зразком № 2.

Значення ВЗЗ_a фаршів для забезпечення високої якості варено-копчених ковбас повинен бути на рівні 85 % [13; 14]. Дані табл. 2 свідчать, що найбільші значення ВЗЗ_a і ВУЗ мав фарш м'ясомісткої варено-копченої ковбаси складений за рецептурою № 1 і становили відповідно 94,42 та 69,99 %.

Аналіз результатів підтверджує, що комбінування в рецептурі свинини та м'яса прісноводної риби із додаванням частки білків рослинного походження дозволяє отримати фаршеву емульсію з оптимальними функціонально-технологічними параметрами.

М'ясний фарш являє собою м'ясну емульсію, тобто коагуляційну структуру, частки якої пов'язані силами міжмолекулярної взаємодії в єдину просторову сітку або каркас. Здатність такої структури зберігати стабільність залежить від речовин, що мають властивості емульгаторів, до яких відносяться білки [15].

З метою визначення ступеня міцності дисперсної системи м'ясомісткого фаршу варено-копчених ковбас було проведено дослідження емульгуючої здатності та стабільності емульсії, результати якого представлені на рис. 2.

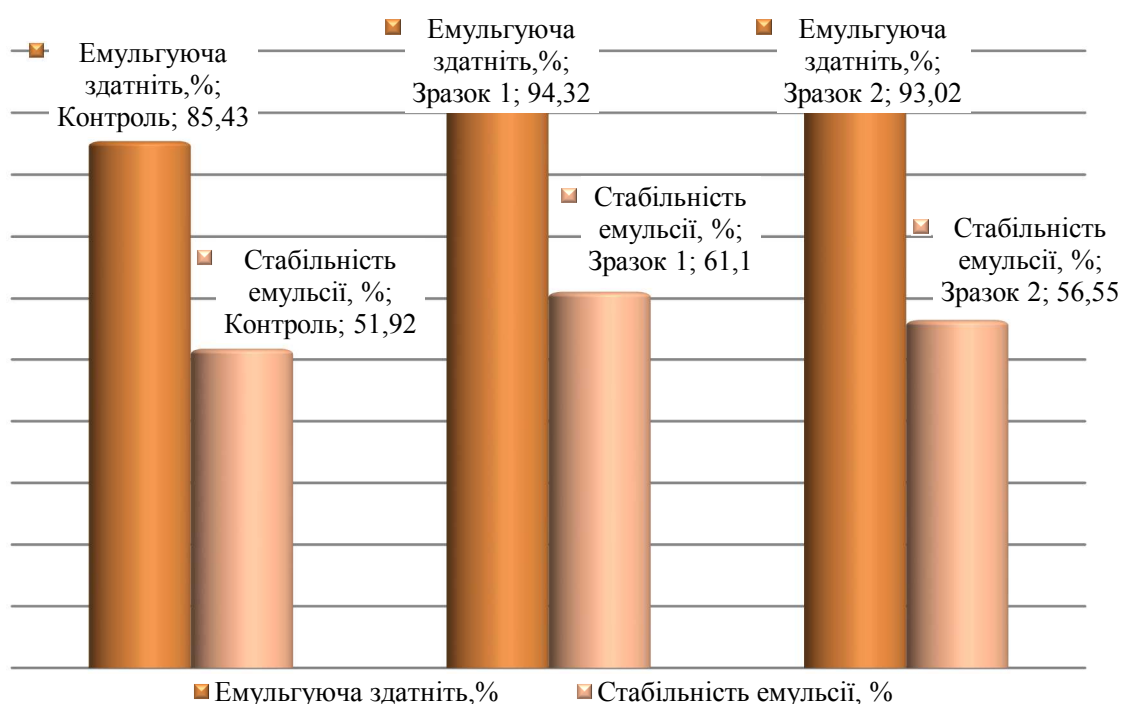


Рис. 2. Залежність показників ЕЗ та СЕ від рецептурного складу фаршів м'ясомістких варено-копчених ковбас

Емульгуюча здатність складає 85,43-94,32 % і збільшується порівняно з контрольним зразком для рецептури № 1 на 10,41 % та рецептури № 3 – на 8,88 %. Стійкість емульсії для дослідних модельних фаршів знаходиться в межах 56,55-61,10 %, що на

8,92-17,68 % більше порівняно з контрольним зразком. Комбінування свинини та прісноводної риби між собою та з рослинними білками змінює структуру фаршу, на яку впливають вміст білка, його фракційний склад та інше. Співвідношення води та жиру, що змінюються під впливом доданих домішок, призводить до модифікації емульгуючих властивостей отриманого продукту.

Результати вивчення якості готового продукту представлені в табл. 4.

Таблиця 4

Якісна оцінка готових м'ясомістких варено-копчених ковбас

Показники	Контроль	Зразок №1	Зразок №2
Вміст вологи, %	48,08±0,27	49,04±1,85	46,36±3,13
Вихід готового продукту, %	61,02±0,13	63,79±0,21	61,49±0,14
Втрати при термічній обробці, %	39,74±0,56	36,22±0,17	38,54±0,21

Як бачимо з табл. 4 вологість готової ковбаси коливалася на рівні 46,36-49,04 %. Найвищу концентрацію вологи мав зразок № 1, яка становила 49,04 %, що на 2 % вище порівняно з контролем і на 5,78 % порівняно зі зразком № 2. Відповідно вихід готового продукту для зразка № 1 становив 63,79 %, що на 4,55 % більше, ніж у контрольному зразку, що зумовило менші втрати при термічній обробці, а саме 36,22 %.

На рис. 3 представлена профілограма органолептичної оцінки виготовлених котлет.



Рис. 3. Сенсорна оцінка розроблених м'ясомістких варено-копчених ковбас

За органолептичної оцінкою розроблені м'ясомісткі варено-копчені ковбаси практично не поступаються контрольному зразку за всіма основними показниками. Середня оцінка контрольного зразка ковбаси становила 4,22 бали, тоді як дослідних зразків 4,20 в першому варіанті та 3,93 бали для рецептури № 2.

Комбінування нетрадиційних видів сировини у варено-копчених ковбасах становить ризик мікробіологічного псування, тому було проведено дослідження мікробіологічної безпеки готових м'ясомістких варено-копчених ковбас, результати якого представлені в табл. 5.

Таблиця 5

Мікробіологічні показники розроблених м'ясомістких варено-копчених ковбас

Показники	Зразки продукції		
	контроль	зразок № 1	зразок № 2
МАФАНМ, КУО/г, не більше	$2,45 \times 10^3$	$1,76 \times 10^3$	$1,98 \times 10^3$
БГКП в 0,001 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

З табл. 5 бачимо, що в зразках варено-копчених ковбас із м'ясом прісноводної риби кількість МАФАНМ нижче, ніж в контролі, і становить 1,76-1,98 КУО/г, що на 28 % менше порівняно з контролем. Дослідження кількості бактерій групи кишкової палички не виявило вказаних мікроорганізмів у жодному зі зразків.

Висновки відповідно до статті. Визначено, що при комбінуванні традиційних видів м'яса, а саме свинини, з білоквмісною сировиною регіональної аквакультури, та іншими, не м'ясними видами білоквмісної сировини, а саме протеїном із насіння коноплі та соєвим ізолятом, в складі м'ясомісткої варено-копченої ковбаси, можливо виробляти повноцінні за харчовою цінністю продукти з високими якісними показниками. На підставі аналізу комплексу показників підтверджено можливість підвищення функціонально-технологічних властивостей модельних фаршів м'ясомістких варено-копчених ковбас: вмісту вологи до 77,20 %, ВУЗ – до 69,66 %, ЕЗ – до 94,32 %, СЕ – 61,10 %. Розроблені ковбаси є безпечними за мікробіологічними показниками. Підтверджено високу харчову цінність за вмістом основних поживних речовин. Підтверджується можливість комбінування м'яса прісноводної риби із традиційними видами м'ясної і рослинної сировини для підвищення харчової цінності та економічної ефективності виробництва м'ясомістких варено-копчених ковбас.

Список використаних джерел

1. Тищенко В. І., Божко Н. В., Пасічний В. М. Рибний фарш як сировина для виробництва полікомпонентних продуктів харчування. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. № 179. С. 100–107.
2. Божко Н. В., Тищенко В. І., Пасічний В. М., Юшко М. І., Жукова Я. Ф., Попова Є. С. Вивчення функціонально-технологічних показників м'ясо-містких хлібів з м'ясом качки мускусної та білого товстолобика. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. Львів, 2018. Т. 20, № 85. С. 19–23.
3. Пасічний В. М. Перспективні напрямки виробництва м'ясних та м'ясо-рослинних напівфабрикатів. *Мясное дело*. 2009. № 8. С. 15–19.
4. Божко Н. В., Тищенко В. І., Пасічний В. М., Коник М. В. Розробка рецептури варених ковбас з м'яса водоплавної птиці та малоцінної ставкової риби. *Науковий вісник ВНЗ УКООПСІПДКИ "Полтавський університет економіки і торгівлі"*. Серія «Технічні науки». 2018. № 1 (85). С. 17–20.
5. Тищенко В. І., Божко Н. В., Пасічний В. М. Розробка рецептури полікомпонентних м'ясних хлібів на основі фаршу прісноводної риби. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т. 23, № 3. С. 172–178.
6. Божко Н. В., Тищенко В. І., Яковенко Я. М., Пасічний В. М. Перспективи використання регіональної аквакультури у виробництві посічених напівфабрикатів. *Праці ТДАТУ*. 2018. Вип. 18. Т. 1. С. 75–84.
7. House JD, Neufeld J., Leson G. Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. *J Agric Food Chem*. 2010. № 24; 58 (22). P. 11801-7.
8. Friedman M. Nutritional value of proteins from different food sources. A review. *J Agric Food Chem*. 1996. № 44. P. 6-29.
9. Callaway JC. Hempseed as a nutritional resource: an overview. *Euphytica*. 2004. № 140. P. 65-72.
10. Vonapartis E. M. Aubin, P. Seguin, AF. Mustafa, J. Charron. Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *J Food Compos Anal*. 2015. № 39. P. 8-12.
11. Aluko R. E. Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Proteins. *Sustainable Protein Sources*, 2017. P. 121–132.
12. Sunday A. Malomo, Rong He, Rotimi E. Aluko. Structural and Functional Properties of Hemp Seed Protein Products. *Journal of Food Science*. 2014. № 79. P. 1512-C1521.
13. Lance G. Phillips. Dana M. Whitehead, John Kinsella. Structure-Function Properties of Food Proteins. *Food Science and Technology*. USA, 1994. P. 153–169.
14. Nuckles, R. O. D. M. Smith. Functional properties of beef and beef by-product protein fractions in frankfurter batters. *J. Muscle Food*. 1991. № 2. P. 239–251.

15. Schmidt G. R. Functional behavior of meat components in processing. In *The Science of Meat and Meat Products*, 3rd ed. (J.F. Price and B.S. Schweigert, eds.). *Food & Nutrition Press Inc.*, Trumbull, CT. 1987. P. 413–427.

References

1. Tyshchenko, V. I., Bozhko, N. V., Pasichnyi, V. M. (2016). Rybnyi farsh yak syrovyna dlia vyrobnytstva polikomponentnykh produktiv kharchuvannia [Minced fish meat as a raw material for the production of polycomponent food products]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 179, 100-107 [in Ukrainian].
2. Bozhko, N. V., Tyshchenko, V. I., Pasichnyi, V. M., Yushko, M. I., Zhukova, Ya. F., Popova Ye., S. (2018). Vyvchennia funktsionalno-tekhnolohichnykh pokaznykiv miaso-mistkykh khlbibiv z miasom kachky muskusnoi ta biloho tovtstolobyka [Study of functional and technological parameters of meat-containing reads with Muscovy duck meat and white carp]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhytskoho*, 20 (85), 19-23 [in Ukrainian].
3. Pasichnyi, V. M. (2009). Perspektyvny napriamky vypobnytstva miasnykh ta miasomistkykh napivfabrikativ [Promising areas production of meat and vegetable semi-finished]. *Meat business*, 8, 15–19 [in Ukrainian].
4. Bozhko, N. V., Tyshchenko, V. I., Pasichnyi, V. M., Konyk, M. V. (2018). Rozrobka retseptury varenykh kovbas z miasa vodoplavnoi ptytsi ta malotsinnoi stavkovoi ryby [Development of the formulation of cooked sausages from waterfowl and low value pond fish]. *Naukovyi visnyk VNZ UKOOPSPILKY "Poltavskiy universytet ekonomiky i torhivli"*, 1 (85), 17 [in Ukrainian].
5. Tyshchenko, V. I., Bozhko, N. V., Pasichnyi, V. M. (2017). Rozrobka retseptury polikomponentnykh miasnykh khlbibiv na osnovi farshu prisnovodnoi ryby. [Prospects for the use of regional aquaculture in the production of semi-finished product]. *Naukovi pratsi NUKhT*, 23 (3), 172-178 [in Ukrainian].
6. Bozhko, N. V., Tyshchenko, V. I., Yakovenko, Ya. M., Pasichnyi, V. M. (2018). Perspektyvy vykorystannia rehionalnoi akvakultury u vyrobnytstvi posichenykh napivfabrikativ. [Prospects for the use of regional aquaculture in the production of truncated semi-finished products]. *Pratsi TDATU*, 18 (1), 75–84 [in Ukrainian].
7. House JD., Neufeld J., Leson, G. (2010). Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. *J Agric Food Chem*, 24; 58 (22), 11801-7 [in English].
8. Friedman M. (1996). Nutritional value of proteins from different food sources. A review. *J Agric Food Chem*, 44, 6–29 [in English].
9. Callaway JC. (2004). Hempseed as a nutritional resource: an overview. *Euphytica*, 140, 65–72 [in English].
10. Vonapartis, E. Aubin, M., Seguin, P., Mustafa, AF., Charron, J. (2015). Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *J Food Compos Anal*, 39, 8–12 [in English].
11. Aluko, R. E. (2017). Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Proteins. *Sustainable Protein Sources*. (pp. 121-132) [in English].
12. Sunday A. Malomo, Rong He, Rotimi E. Aluko (2014). Structural and Functional Properties of Hemp Seed Protein Products. *Journal of Food Science*, 79, 1512-C1521 [in English].
13. Lance G. Phillips. Dana M. Whitehead, John Kinsella (1994). Structure-Function Properties of Food Proteins. *Food Science and Technology*, 153–169 [in English].
14. Nuckles, R. O. D. M. Smith (1991). Functional properties of beef and beef by-product protein fractions in frankfurter batters. *J. Muscle Food*, 2, 239–251 [in English].
15. Schmidt, G. R. (1987). Functional behavior of meat components in processing. In *The Science of Meat and Meat Products* (3rd ed.) (J.F. Price and B.S. Schweigert, eds.). *Food & Nutrition Press Inc.*, Trumbull, 413–427 [in English].

UDC 637.523

Nataliia Bozhko, Vasyl Tyshchenko, Vasyl Pasichnyi, Ruslan Revenko

PROTEINS CONTAINING RAW OF REGIONAL PRODUCTION IN THE TECHNOLOGY OF MEAT CONTAINING BOILED SMOKED SAUSAGES

Urgency of the research. The deficiency of the most important human body biologically active substances in modern food products encourages the population to consume significant food in order to ensure a deficiency of amino acids, polyunsaturated fatty acids, minerals and vitamins.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Target setting. It is possible to solve this problem by combining different types of raw materials, that is, to create multi-component food products.

Analysis of recent research and publications. Creation of innovative multicomponent products are based on freshwater fish of regional production, mechanically deboned poultry meat and certain types of by-products allows to reduce significantly the cost of sausage and culinary products while improving the quality and nutritional values.

Uninvestigated parts of general matters defining. The literary sources analysis indicates the lack of research and development of new innovative recipes and technologies of meatcontaining boiled-smoked sausages with various types of regional aquaculture.

The research objective. Investigation of the possibility of using regional aquaculture in the formulation of meatcontaining boiled smoked sausage, analysis of the nutritional value of the developed meat-based boiled-smoked sausage, the study of functional-technological, organoleptic and microbiological indicators of the developed meatcontaining boiled smoked sausage.

The statement of basic materials. The formulation and technology of meatcontaining boiled smoked sausage, which includes raw materials of regional origin, namely meat of freshwater regional aquaculture, vegetable proteins as soy isolates and protein of hemp seeds, have been developed. The proposed products have high functional and technological properties of meat systems, indicators of quality and safety of finished products and high protein content with simultaneous decrease of energy value.

Conclusions. According to results of investigations, the possibility of increasing the functional and technological properties of the model minced meatcontaining boiled-smoked sausages has been confirmed: moisture content up to 77.20 %, high school - up to 69.66 %, emulsifying capacity - up to 94.32 %, emulsion stability -61, 10 %. The sausages developed are microbiological safe. The high nutritional value on the content of the main nutrients has been confirmed. It is confirmed the possibility of combining meat of freshwater fish with traditional types of meat and vegetable raw materials for increasing the nutritional value and economic efficiency of production of meatcontaining boiled-smoked sausages.

Keywords: meatcontaining boiled smoked sausages; regional aquaculture; protein of hemp seeds.

Fig.: 3. Table: 5. References: 15.

Божко Наталія Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біофізики, біохімії, фармакології та біомолекулярної інженерії, Сумський державний університет (вул. Санаторна, 31, м. Суми, 40018, Україна).

Bozhko Nataliia – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of Department of Biophysics, Biochemistry, Pharmacology and Biomolecular Engineering, Sumy State University (31 Sanatorna Str., 40018 Sumy, Ukraine).

E-mail: natalybozhko@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6440-0175>

ResearcherID: I-8333-2017

Scopus Author ID: 57195522587

Тищенко Василь Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології молока і м'яса, Сумський національний аграрний університет (вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, Україна).

Tyshchenko Vasyl – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of Department of Technology of Milk and Meat, Sumy National Agricultural University (160 G. Kondratieva Str., 40021 Sumy, Ukraine).

E-mail: tischenko_1958@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8149-4919>

ResearcherID: V-2213-2018

Scopus Author ID: 57195522533

Пасічний Василь Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технологій м'яса та м'ясних продуктів, Національний університет харчових технологій (вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна).

Pasichnyi Vasyl – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Technology of Meat and Meat Products, National University of Food Technologies (68 Volodumurska Str., 01601 Kyiv, Ukraine).

E-mail: Pasww1@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0138-5590>

ResearcherID: N-6100-2018

Scopus Author ID: 55053318700

Ревенко Руслан Станіславович – студент, Сумський національний аграрний університет (вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, Україна).

Revenko Ruslan – student, Sumy National Agricultural University (160 G. Kondratieva Str., 40021 Sumy, Ukraine).

E-mail: revenko.ruslan.sumy@gmail.com

УДК 637.5/05

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-154-164

Вікторія Гречко, Ігор Страшинський, Василь Пасічний

ХАРЧОВІ ВОЛОКНА ЯК ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ІНГРЕДІЄНТ У М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТАХ

Актуальність теми дослідження. У наш час відбувається швидка зміна суспільного способу життя через вплив глобалізації. Динамічний ритм життя змусив населення споживати м'ясні напівфабрикати, які містять малу кількість харчових волокон та значний вміст харчових добавок.

Постановка проблеми. Напівфабрикатам, які представлені на ринку, здебільшого не вистачає функціональних інгредієнтів, які можуть бути включені до рецептури, щоб підвищити якість із погляду здорового харчування. Тому цілком доцільно розглядати додавання клітковини до рецептур напівфабрикатів як перевагу для здоров'я за рахунок усунення або зменшення кількості компонентів, які вважаються шкідливими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, які стосуються використання клітковини в м'ясопродуктах.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Поряд зі збагаченням м'ясних напівфабрикатів харчовими волокнами необхідно вирішити технологічне завдання формування необхідної консистенції й поліпшення функціональних властивостей м'ясних напівфабрикатів.

Постановка завдання. Метою цієї статті було розглянути різні джерела дієтичних волокон, їхній вплив на здоров'я, застосування в м'ясних продуктах і вплив на показники якості. Визначення виходу та органолептичних показників м'ясних січених напівфабрикатів.

Виклад основного матеріалу. Для виробництва м'ясних продуктів використовуються натуральні дієтичні волокна Just Fiber на основі пагонів бамбука *Dendrocalamus Asper*, які можуть досягати висоти до 30 метрів з діаметром до 30 см. Ця рослина широко культивується в різних частинах Південно-Східної Азії завдяки своїм їстівним соковитим пагонам. Волокна містять 99 % баластних речовин, які виводять з організму людини канцерогенні сполуки і важкі метали, є необхідними для лікувального харчування.

Висновки відповідно до статті. У процесі проведених нами досліджень були визначені оптимальна гідратація бамбукової клітковини для внесення її в рецептуру та вплив на органолептичні показники м'ясних січених напівфабрикатів. Для отримання високоякісного фаршу низькокалорійних січених напівфабрикатів оптимальний рівень гідратації бамбукових волокон повинен дорівнювати 1:7.

Ключові слова: харчові волокна; бамбукова клітковина; м'ясні напівфабрикати; гідратація; органолептична оцінка; вихід.

Рис.: 3. Бібл.: 39.

Актуальність теми дослідження. У наш час відбувається швидка зміна суспільного способу життя через вплив глобалізації. Динамічний ритм життя змусив населення споживати м'ясні напівфабрикати, які містять малу кількість харчових волокон та значний вміст харчових добавок.

До харчових волокон відносяться речовини різної хімічної природи: поліцукриди (геміцелюлоза, целюлоза, пектинові речовини), лігнін, білкові речовини [1]. Вони зосереджені переважно в зернових, бобових, фруктах і овочах, водоростях, грибах. Вченими доведено, що щоденне споживання з їжею клітковини допомагає в профілактиці багатьох харчових розладів, які пов'язані з кишковими проблемами, серцево-судинними захворюваннями, діабетом 2-го типу, деякими видами раку та ожирінням.

Постановка проблеми. Напівфабрикатам, які представлені сьогодні на ринку здебільшого не вистачає функціональних інгредієнтів, які можуть бути включені до рецептури, щоб підвищити якість з погляду здорового харчування. Це могло б суттєво підвищити довіру покупців, які хочуть харчуватися правильно. М'ясні напівфабрикати є дуже поживною та універсальною їжею. Їх склад можна покращити до більш «здорової» форми шляхом додавання функціональних інгредієнтів. Тому цілком доцільно розглядати додавання клітковини до рецептур напівфабрикатів як перевагу для здоров'я за рахунок усунення або зменшення кількості компонентів, які вважаються шкідливими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різні харчові волокна були вивчені окремо, або в поєднанні з іншими інгредієнтами для створення продуктів зі зниженим вмістом жиру, в основному, реструктурованих продуктів [2] і м'ясних емульсій [3].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Споживання житнього волокна пригнічує рак і зростання пухлини товстої кишки на тваринних моделях, знижує реакції глюкози в діабетиків і знижує ризик смерті від ішемічної хвороби серця [4]. Відомий досвід застосування житніх висівок як заміника жиру у фрикадельках по відношенню до складу жирних кислот і деяких фізико-хімічних, а також сенсорних властивостей [5]. Додавання житніх висівок до фрикадельок на рівні від 5 до 20 % поліпшили їхню поживну цінність і користь для здоров'я. Загальний вміст транс-жирних кислот був нижче, а відношення загальної кількості ненасичених жирних кислот до загальної кількості насичених жирних кислот було вище в зразках з додаванням житніх висівок. Ті ж зразки були соковитіші, ніж контрольні зразки.

Учені повідомили, що вихід, утримання вологи й розмірні параметри з низьким вмістом жиру в котлетах зі свинини збільшуються ($p < 0,05$) зі збільшенням рівня (4, 7 і 10 %) ячмінного волокна [6]. Вони дійшли висновку, що введення 4 % ячмінного волокна було краще для показників якості і текстури, ніж 7 і 10 %.

Вченими досліджено додавання пшеничних висівок у фрикадельки на рівнях 5, 10, 15 і 20 %. Було доведено, що більш низькі сумарні транс-жирні кислоти і співвідношення загальної кількості ненасичених жирних кислот до загальної кількості насичених жирних кислот у зразках із додаванням висівок пшениці вище, ніж у контрольних [7].

Відомо також про використання зернових волокон типу VITACEL як функціонального інгредієнта в м'ясних продуктах, таких як варені ковбаси, фарші, сирокочені ковбаси [8].

Учені досліджували фізико-хімічні й сенсорні властивості шматочків курки із додаванням зброженого гороху і ферментованого частково знежиреного арахісу. Вони виявили, що додавання цих компонентів зменшує втрати вологи, а також збільшує частку жиру і знижує вміст білка [9].

Горохове лушпиння особливо багате харчовими волокнами і має їх вдвічі більше, ніж пшеничні висівки [10]. Воно має світлий колір і нейтральний смак, що робить його цікавим джерелом харчових волокон.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Харчові волокна один із цінних компонентів, які можуть бути включені в м'ясні напівфабрикати з погляду здоров'я. Тенденція використання харчових волокон у м'ясних напівфабрикатах в Україні знаходиться на стадії розвитку, на відміну від молочної та хлібопекарської промисловості. При цьому поряд зі збагаченням м'ясних напівфабрикатів харчовими волокнами необхідно вирішити технологічне завдання формування необхідної консистенції і поліпшення функціональних властивостей м'ясних напівфабрикатів.

Постановка завдання (цілей статті). Метою цієї статті було розглянути джерела дієтичних волокон, їхній вплив на здоров'я, застосування в м'ясних продуктах і вплив на показники якості. Визначення виходу та органолептичних показників м'ясних січених напівфабрикатів.

Вихід визначали шляхом зважування напівфабрикату до і після термічної обробки й розраховували за формулою:

$$\text{Вихід} = \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{д}}} 100 \%,$$

де Вихід – це вихід напівфабрикатів, в процентах до маси основної сировини;

$M_{\text{п}}$ – маса напівфабрикату після термічної обробки, г;

$M_{\text{д}}$ – маса напівфабрикату до термічної обробки, г [11].

Сенсорна оцінка м'ясних січених напівфабрикатів проводилася відповідно до стандарту ДСТУ 4437:2005. Дослідження проводили дегустатори, які характеризували продукт за шістьма показниками (зовнішній вигляд, колір, запах, консистенція, смак і соковитість) методом бальної оцінки за п'ятибальною шкалою. Підготовку до дегустації

проводили відповідно до вимог стандарту ДСТУ 4823:2007. Після проведення оцінки кожен оцінювач заповнив дегустаційні листи. Отримані результати підсумували й отримали загальну сенсорну оцінку продукту.

Виклад основного матеріалу. У країнах, що розвиваються, високі темпи урбанізації, індустріалізації, глобалізації призвели до схильності до фаст-фуду. Багато з цих оброблених харчових продуктів, включаючи м'ясні напівфабрикати, не мають мінімальної кількості харчових волокон. Епідеміологічні дослідження показали взаємозв'язок між дієтою, що містить надлишок висококалорійних продуктів, багатих жирами й цукром і появою цілої низки хронічних захворювань, включаючи рак товстої кишки, ожиріння, серцево-судинні захворювання, а також інші захворювання [12]. Вченими виявлено, що споживання харчових волокон знижує ризик цих захворювань [13].

Останні дослідження також показують, що дієта з високим вмістом клітковини зазвичай сприяє здоровому стилю життя [14] і її можна розглядати як еталон здорового харчування. За даними Американської асоціації дієтологів, поточні рекомендовані норми споживання клітковини для дорослих в діапазоні від 25 до 30 г/день. Харчові волокна є ключовим елементом, який широко використовується нині у процесі розроблення поживних продуктів через їхню здатність до покращення здоров'я [15] і техногенного впливу.

Першовідкриття продуктів для здоров'я було як революцією функціональної їжі [16]. Харчові волокна є одним із харчових інгредієнтів, які називаються нутрицевтиками. Вони мають потенціал, якщо споживаються в достатній кількості, поліпшити здоров'я людини [17].

Харчові волокна (клітковина, дієтичні, рослинні, грубі, баластні речовини) – це комплекс біополімерів, який формує стінки рослинних клітин [1]. До харчових волокон відносяться речовини різної хімічної природи. Компоненти харчових волокон наведені на рис. 1.

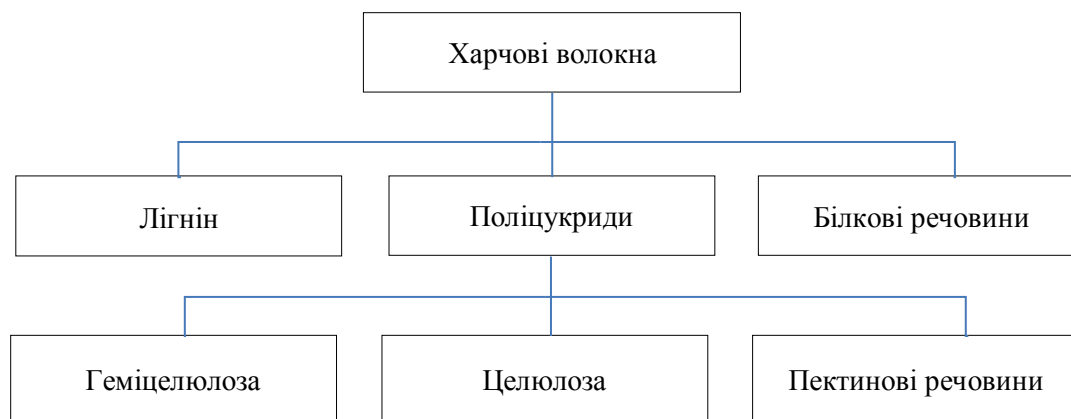


Рис. 1. Класифікація харчових волокон за хімічною природою

Харчові волокна традиційно поділяються на 2 основні групи: розчинні й нерозчинні. Розчинні зазвичай присутні у високій кількості у фруктах, вівсі, бобових і овочах [18]. Цілісні зерна є основним джерелом харчового нерозчинного волокна [19]. Здебільшого розчинні або легкозасвоювані волокна включають пектини, камедь, крохмаль і інші полісахариди, які утворюють в'язкі розчини, які затримують випорожнення шлунку і всмоктування з тонкої кишки і зазвичай знижують рівень холестерину в крові.

Нерозчинні волокна, такі як целюлоза і лігнін, навпаки, мають набагато менший вплив на в'язкість вмісту кишечника [20]. Бродіння харчового волокна в товстій кишці має багато бажаних переваг. Бактеріальні ферментації також призводять до зниження рН,

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

що перешкоджає росту деяких патогенних бактерій. Низький рН може також допомогти в секреції канцерогенів, які зв'язуються з харчовим волокном у товстій кишці [21].

Роль дієтичного волокна в запобіганні колоректального раку (CRC) продовжує залишатися предметом палких суперечок. Дослідження тварин переконливо свідчать про те, що харчові волокна знижують ризик CRC, але людські дослідження показали змішані результати. Деякі дослідники припустили, що харчові волокна можуть надавати протиракові і протипухлинні ефекти від:

- скорочення виробництва канцерогенних речовин шляхом зменшення кількості патогенних бактерій у товстій кишці [22];

- зниження рН в товстій кишці впливає на рН-залежні ферментативні реакції, як, наприклад, утворення вторинних жовчних кислот [23].

Споживання харчових волокон, особливо із зернових культур, впливає на ризик розвитку діабету [24]. Захисний ефект може бути наслідком здатності волокна знижувати постпрандіальні піки глюкози, що призводить до зниження потреб інсуліну й захищає підшлункову залозу від виснаження.

Деякі дослідження показали шкідливий вплив пшеничних і кукурудзяних волокон на поглинання заліза й цинку у тварин і людини [25]. Тим не менше, багато досліджень показали, що харчові волокна не пригнічують залізо або поглинання цинку. Ці розбіжності можуть бути, тому що волокна часто зустрічаються разом із фітатом, інгібітором поглинання заліза і цинку в організмі людини і шурів [26].

Волокнисті продукти повільніше перетравлюються, чим приводять до збільшення відчуття ситості [27]. Загалом дієта, багата клітковиною, особливо з волокнами із зернових, фруктів і овочів і цільного зерна, має корисний вплив для підтримки дієти з низьким рівнем енергії. Волокна можуть забезпечити кілька механізмів, які можуть допомогти в підтримці або зменшенні маси тіла. Вони включають у себе: сприяння насиченню і зниження споживання калорій за рахунок більшого обсягу їжі, більше жування й більше почуття ситості, зменшення поглинання макроелементів, уповільнення швидкості травлення крохмалю, зміна секреції кишечника та інших гормонів, таких як адипонектину або інсуліну, підвищення чутливості до інсуліну і поліпшена функціональність підшлункової залози.

Останнім часом є тенденція до зростання використання харчових волокон у м'ясних продуктах із технологічних причин та вигоди для здоров'я людини.

Нині дієтичні рекомендації передбачають збільшення споживання цілих продуктів зернових через їхню роль у зниженні ризику дегенеративних хронічних захворювань. Кілька епідеміологічних досліджень показали, що споживання цільного зерна зернових пов'язане зі скороченням числа випадків діабету [28], серцево-судинних захворювань [29], а також деяких видів раку [30]. Взагалі зернові продукти визнані джерелами дієтичного волокна і багатьох біологічно активних компонентів, таких як лігнін, фенольні кислоти, фітостерини, мінералів, токоферолів. Ці речовини в основному зосереджені в зародкових і зовнішніх шарах ядра.

Останніми роками бобові культури також були досліджені щодо їх можливого використання в розробці функціональних продуктів харчування. Бобові забезпечують енергією, дієтичними волокнами, білками, мінералами і вітамінами, необхідними для здоров'я людини. Вони, здебільшого, є хорошими джерелами повільних вуглеводів і багаті білками. Включення бобових у щоденний раціон має багато фізіологічних ефектів щодо контролю і профілактики різних метаболічних захворювань, таких як діабет, ішемічна хвороба серця і рак товстої кишки [31].

Вівсяні продукти досягли дуже хорошого споживчого ставлення через позитивний вплив на здоров'я. Залежність між споживанням харчових вівсяних волокон і концент-

рацією холестерину в сироватці крові була позитивною, що дає вівсяному волокну високо-позитивне сприйняття споживачами [32]. Вівсяні висівки або вівсяні волокна додаються як відповідна заміна жиру в яловичому фарші й ковбасних виробих зі свинини, завдяки своїй здатності утримувати вологу. Переваги вівсяних висівок полягають в їхній здатності імітувати жир і здатності зберігати природний запах м'яса. Це також зменшує поглинання жирів, уповільнює всмоктування вуглеводів і сприяє ситості [33].

Вівсяні висівки були використані як заміник жиру у фрикадельках, і повідомлялося, що котлети, які містять вівсяні висівки, мали більш низькі концентрації загального вмісту жиру і транс-жирних кислот, ніж контрольні зразки [34]. Фрикадельки, зроблені з 20 % вівсяних висівок, мали високий вміст білку і золи. Додавання вівсяної клітковини не змінило вміст білків, жирів і золи в сирому або приготованому продукті. Проте це поліпшило кулінарні характеристики продукту.

Пшеничні висівки є найбільш відомим джерелом нерозчинного дієтичного волокна. Цей тип волокна допомагає запобігти і контролювати проблеми з кишечником і способом знизити ризик розвитку раку. Харчові волокна з круп частіше використовуються, ніж із фруктів, однак фруктові волокна мають кращу якість через більш високу розчинність у воді, а також більш низький вміст фітінгової кислоти і калорійність [35]. Епідеміологічні дослідження вказують на те, що споживання фруктів і овочів надає здоров'ю позитивний ефект, наприклад, зниження ризику розвитку ішемічної хвороби серця та інсульту, а також деяких видів раку.

Яблучна м'якоть є типовим джерелом харчових волокон [36]. Вони також містять конденсовані таніни – полімери й розчинні поліфеноли, обидва з яких утворюють ефективні поперечні зв'язки з білком та інгібують травні ферменти, впливаючи тим самим на засвоюваність білка [37].

Застосування бамбукових харчових волокон, як заміника жиру, може бути хорошою альтернативою для продуктів з низьким вмістом жиру. Крім того, бамбукові харчові волокна мають високу здатність утримувати воду і можуть допомогти зберегти додану воду в продуктах зі зниженим вмістом жиру без будь-яких змін або менше в параметрах, таких як соковитість, пружність, ніжність [38].

Для виробництва м'ясних продуктів розроблені натуральні дієтичні волокна Just Fiber на основі пагонів бамбука *Dendrocalamus Asper*, які можуть досягати висоти до 30 метрів із діаметром до 30 см. Ця рослина широко культивується в різних частинах Південно-Східної Азії завдяки своїм їстівним соковитим пагонам. Волокна містять 99 % баластних речовин, які виводять з організму людини канцерогенні сполуки і важкі метали, є необхідними для лікувального харчування [38].

Харчові волокна Just Fiber – це багатофункціональна харчова добавка, що замінює висококалорійні наповнювачі та знижує енергетичну цінність продукту. Волокна термостабільні, з високою волого- і жирозв'язуючою здатністю, підсилюють дію емульгаторів, значно поліпшують структуру та консистенцію готового виробу, стабілізують смак і аромат [39].

Серед широкого асортименту клітковин бамбукова клітковина є новим і перспективним харчовим наповнювачем. На українському ринку поширена бамбукова клітковина з довжиною волокон від 30 до 400 мкм, в Зокрема Just Fiber BFC 40, виробник Kerry Ingredients & Flavours, використовується в роботі (Довжина волокна 400 мкм). Вона містить не менше 99 % дієтичних волокон, 1,5 % розчинних у воді речовин, 0,3 % золи. рН 10 %-ної суспензії становить 4,0-7,0 одиниць. Згідно з технічними аспектами застосування харчових волокон, наданих виробником, рекомендована гідратація знаходиться в межах 1:6-1:8 частин води на 1 частину клітковини залежно від продукту.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Дієтичні волокна з різних джерел, таких як зернові, бобові, фрукти й овочі та продукти їх переробки можуть бути включені в різні м'ясні продукти, щоб зробити їх більш поживними, більш здоровими, а також орієнтованими на споживача. Тим не менше, деякі джерела волокон впливають на фізико-хімічні, сенсорні і текстурні властивості м'ясних продуктів при додаванні в надмірній кількості. Таким чином, багато агропромислових побічних продуктів можуть бути розумно включені в м'ясні продукти для поліпшення їхнього впливу на здоров'я людини. Подальші дослідження можуть бути проведені, щоб визначити інші перспективи для підтримки різних показників якості й безпеки м'ясних продуктів.

Згідно з планом експериментальних досліджень визначали оптимальну гідратацію бамбукової клітковини для внесення її в рецептуру та вивчали вплив на органолептичні показники м'ясних січених напівфабрикатів.

Для визначення впливу співвідношення гідратації бамбукових харчових волокон на вихід готового продукту після термічної обробки виготовляли модельні фарші напівфабрикатів із внесенням бамбукової клітковини з гідратацією 7, 8 та 9 %.

На рис. 2 представлені результати впливу співвідношення гідратації бамбукових харчових волокон на вихід продукту після термічної обробки.

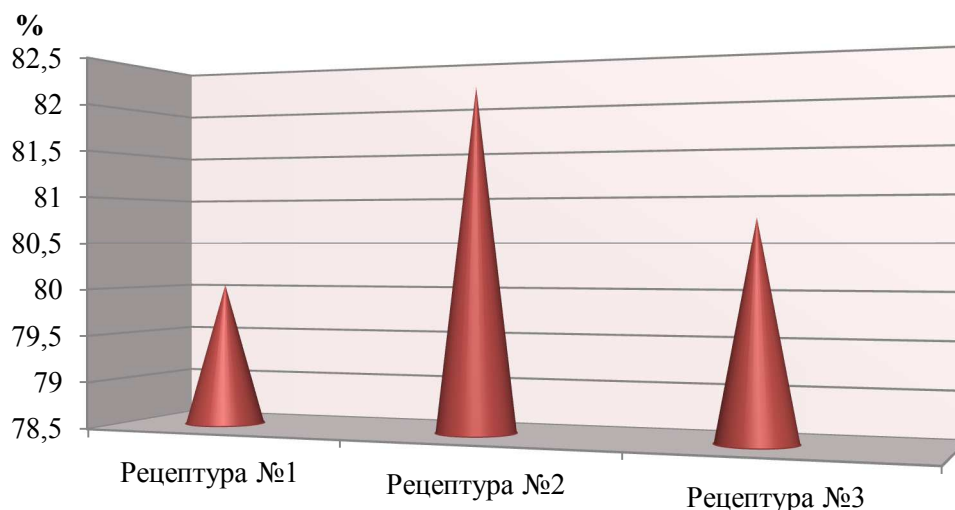


Рис. 2. Вихід продукту після термічної обробки, %

З отриманих даних видно, що напівфабрикати з гідратацією 1:7 мали більший вихід після термічної обробки – 82,15 %. Тому для виготовлення дослідних зразків надалі в дослідженнях використовували саме цю гідратацію.

Для проведення органолептичної оцінки було розроблено 5 рецептур дослідних зразків м'ясних січених напівфабрикатів із вмістом гідратованої бамбукової клітковини Зразок № 1 – 8 %, Зразок № 2 – 14 %, Зразок № 3 – 16 %, Зразок № 4 – 20 %, Зразок № 5 – 24 %. Вироби після термічної обробки на пару (№ 1, № 4) мають рівну поверхню, добре зберігають форму. Зразок № 5 має дещо нижчі показники. Колір на розрізі темніший та практично не відрізняється від контрольного зразку. Збільшення кількості добавок у зразках № 4 та № 5 змінює колір продукту.

Зразки № 1-4 характеризуються приємним запахом, мають гарні смакові властивості. У зразку № 5 на поверхні є тріщини, на розрізі відбувається розшарування маси. Високу органолептичну оцінку отримали всі показники м'ясних січених напівфабрикатів. Але найвищі оцінки отримав зразок № 3 (середній бал 4,56) (рис.3).

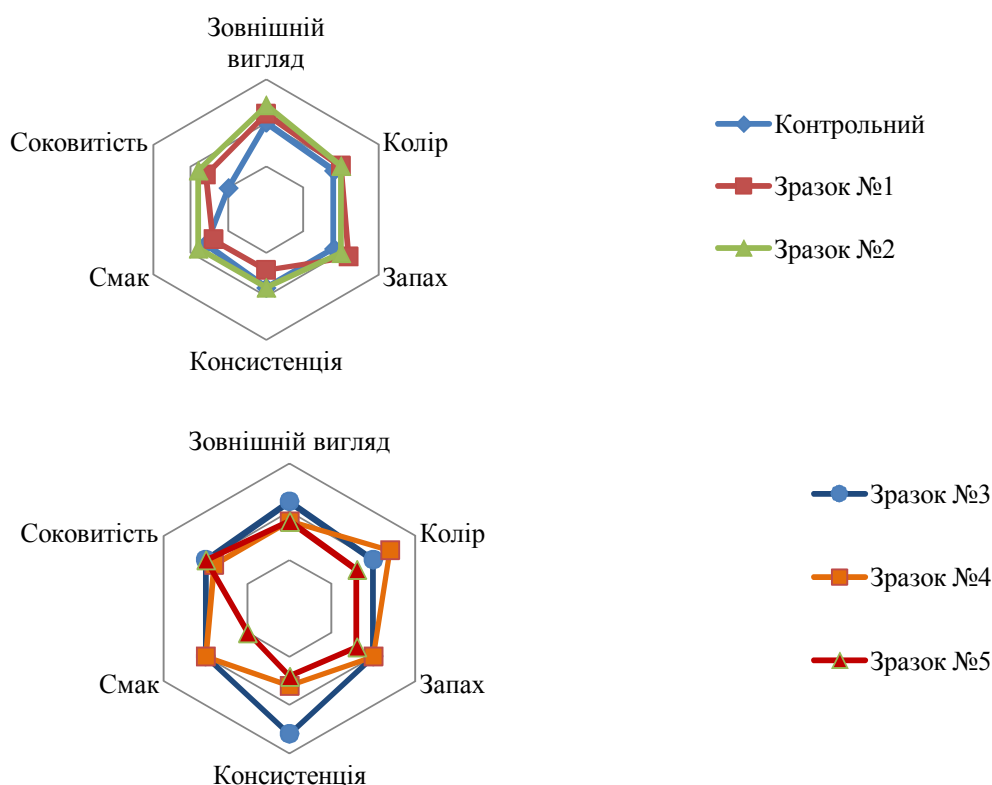


Рис. 3. Сенсорна характеристика контрольного і досліджуваних зразків

Висновки відповідно до статті. Включення дієтичного волокна, розчинного або нерозчинного, у рецептури м'ясних січених напівфабрикатів потребує проведення низки досліджень з урахуванням їх різного впливу на продукт. В епоху глобалізації та швидкого харчування, споживання харчових волокон може бути необхідним для здоров'я людини. У процесі проведених нами досліджень були визначені оптимальна гідратація бамбукової клітковини для внесення її в рецептуру та вплив на органолептичні показники м'ясних січених напівфабрикатів. Для отримання високоякісного фаршу низькокалорійних січених напівфабрикатів оптимальний рівень гідратації бамбукових волокон повинен бути рівним 1:7. На основі сенсорного оцінювання встановлено оптимальну кількість заміни м'ясної сировини і хліба гідратованими бамбуковими харчовими волокнами, яке становить 16 % відповідно. Розроблені рецептури дозволяють збагатити цей продукт баластними речовинами, розширити асортимент м'ясних січених напівфабрикатів.

Список використаних джерел

1. Сирохман І. В., Завгородня В. М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 544 с.
2. Mansour EH, Khalil AH. Characteristics of low-fat beef-burgers as influenced by various types of wheat fibers. *J Sci Food Agric*. 1999. № 79. P. 493–498.
3. Chang HC, Carpenter JA. Optimizing quality of frankfurters containing oat bran and added water. *J Food Sci*. 1997. № 62. P. 194–202.
4. Effects of soy or rye supplementation of high-fat diets on colon tumour development in azoxymethanetreated rats / Davies MJ et al. *Carcinogenesis*. 1999. № 20. P. 927–931.
5. Yilmaz I. Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low-fat meatballs. *Meat Sci*. 2004. № 67. P. 245–249.
6. Kumar M., Sharma BD. Quality and storage stability of lowfat pork patties containing barley flour as fat substitute. *J Food Sci Technol*. 2004. № 41. P. 496–502.
7. Yilmaz I. Physicochemical and sensory characteristics of low fat meatballs with added wheat bran. *J Food Eng*. 2005. № 69. P. 369–373.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

8. Lander S. VITACEL® wheat fibre highly functional in meat products. *Innovat Food Technol Nr.* 2004. № 23–32. 34 p.
9. Prinyawiwatkul W, Mcwatters KH, Beuchat LR, Phillips RD. Physicochemical and sensory properties of chicken nuggets extended with fermented cowpea and peanut flours. *J Agric Food Chem.* 1997. № 45. P. 1891–1899.
10. Arrigoni E., Caprez A., Amado R., Neukom H. Chemical composition and physical properties of modified dietary fibre source. *Food Hydrocoll.* 1986. № 1. P. 57–64.
11. Журавская Н. К., Гутник Б. Е., Журавская Н. А. Технохимический контроль производства мяса и мясопродуктов. Москва: Колос, 2001. 476 с.
12. Beecher GR. Phytonutrients role in metabolism: effects on resistance to degenerative processes. *Nutr Rev.* 1999. № 57. P. 3–6.
13. Dietary fibre and related substance. In: Food Safety Series / Johnson IT, Southgate DAT, Edelman J, Miller S (Eds.). Chapman & Hall, London, 1994. P. 39–65.
14. Dietary fibre in health and disease. In: Proc 1st Int Conf Dietary fibre / McCleary BV, Prosky L (Eds.), Kritchevsky D. Dublin, Ireland, Blackwell Science, Oxford, UK, 14–17 May, 2000. 38 p.
15. Development of functional ingredients for gut health / Puupponen-Pimia R. et al. *Tr Food Sci Technol.* 2002. № 13. P. 3–11.
16. Heasman M, Mellentin J. The functional foods revolution, healthy people, healthy profits? *Earthscan Publ Ltd.*, London, 2001. 313 p.
17. IOM. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fibre, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients). Institute of Medicine of National Academics, The National Academy Press, Washington DC, 2005. 1331 с.
18. Anderson JW, Smith BM, Gustafson NJ. Health benefits and practical aspects of high-fibre diets. *Am J Clin Nutr.* 1994. № 59. P. 1242–1247.
19. Slavin J., Jacobs D., Marquart L. Whole-grain consumption and chronic disease: protective mechanisms. *Nutr Cancer.* 1997. № 27. P. 14–21.
20. Kurasawa S., Hack VS, Marlett JA. Plant residue and bacteria as basis for increased stool weight accompanying consumption of higher dietary fibre diets. *J Am College Nutri.* 2000. № 19. P. 426–433.
21. Rowland IR Toxicology of the colon: role of the intestinal microflora. *Human colonic bacteria: Role in nutrition, physiology and pathology.* 1995. P. 155–174.
22. Rumney C, Rowland IR. Nondigestible oligosaccharides potential anti-cancer agents? *BNF Nutr Bull* (Sept). 1995. № 20. P. 194–203.
23. Rowland IR, Rumney CJ, Coutts JT, Lievens LC. Effect of Bifidobacterium longum and inulin on gut bacterial metabolism and carcinogen-induced aberrant crypt foci in rats. *Carcinogenesis.* 1998. № 19. P. 281–285.
24. Beneficial effects of high dietary fibre intake in patients with type 2 diabetes mellitus / Chandalia M. et al. *N England J Med.* 2000. № 342. P. 1392–1398.
25. Van Dokkum W. Significance of iron bioavailability for iron recommendations. *Biol Trace Elem Res.* 1992. № 35. P. 1–11.
26. Torre M., Rodriguez AR, Saura-Calixts F. Effects of dietary fibre and phytic acid on mineral availability. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1991. № 1. P. 1–22.
27. Wisker E., Nagel R., Tanudjaja TK, Feldheim W. Calcium, magnesium, zinc and iron balances in young woman: effects of a low-phytate barley concentrate. *Am J Clin Nutr.* 1991. № 54. P. 553–559.
28. A prospective study of whole-grain intake and risk of type 2 diabetes mellitus in US women / Liu S et al. *Am J Public Health.* 2000. № 90. P. 1409–1415.
29. Whole-grain intake and cancer: an expanded review and metaanalysis / Jacobs DR, Marquart L, Slavin J, Kushi LH. *Nutr Cancer.* 1998. № 30. P. 85–96.
30. Wholegrain intake may reduce the risk of ischemic heart disease death in postmenopausal women: the Iowa women's health study / Jacobs DR, Meyer KA, Kushi LH, Folsom AR. *Am J Clin Nutr.* 1998. № 68. P. 248–257.
31. Tharanathan RN, Mahadevamma S. Grain legumes – a boon to human nutrition. *Tr Food Sci Technol.* 2003. № 14. P. 507–518.

32. Shinnick FL, Ink SL, Marlett JA. Dose response to a dietary oat bran fraction in cholesterol-fed rats. *J Nutr*. 1990. № 120. P. 561–568.
33. Sloan AE. Healthier, heartier, and more sophisticated products exhibited. *Food Technol*. 2003. № 57(9). P. 64–70.
34. Yilmaz I., Daglioglu O. The effect of replacing fat with oat bran on fatty acid composition and physicochemical properties of meatballs. *Meat Sci*. 2003. № 65. P. 819–823.
35. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment / Figuerola F et al. *Food Chem*. 2005. № 91. P. 395–401.
36. Schieber A., Stintzing FC, Carle R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds—recent developments. *Tr Food Sci Technol*. 2001. № 12. P. 401–413.
37. Kumar R., Singh M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *J Agric Food Chem*. 1984. № 32. P. 447–453.
38. Grechko, V. V. Strashynskiy, I. M., Pasichnyi, V. M. Meat fibers using in the meat products technology, International scientific and practical conference “Prospects for the development of technical sciences in EU countries and Ukraine”. Wloclawek, Republic of Poland, 21-22 December 2018. P. 85–87.
39. Ivanov S., Pasichnyi V., Strashynskiy I., Marinin A., Fursik O., Krepak V. Semifinished turkey products with using of texturing fillers. *MAISTO CHEMIJA IR TECHNOLOGIJA*. 2014. Vol. 48, № 2. P. 25–33.

References

1. Syrokhman, I. V., Zavorodnia, V. M. (2009). *Tovarovnavstvo kharchovykh produktiv funktsionalnoho pryznachennia [The goods knowledge of functional purpose food products]*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian].
2. Mansour, EH, Khalil, AH. (1999). Characteristics of low-fat beef-burgers as influenced by various types of wheat fibers. *J Sci Food Agric*, 79, 493–498.
3. Chang, HC, Carpenter, JA. (1997). Optimizing quality of frankfurters containing oat bran and added water. *J Food Sci*, 62, 194–202.
4. Davies, M. J. (1999). Effects of soy or rye supplementation of high-fat diets on colon tumour development in azoxymethanetreated rats. *Carcinogenesis*, 20, 927–931.
5. Yilmaz, I. (2004). Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low-fat meatballs. *Meat Sci*, 67, 245–249.
6. Kumar, M, Sharma, B. D. (2004). Quality and storage stability of lowfat pork patties containing barley flour as fat substitute. *J Food Sci Technol*, 41, 496–502.
7. Yilmaz, I. (2005). Physicochemical and sensory characteristics of low fat meatballs with added wheat bran. *J Food Eng*, 69, 369–373.
8. Lander, S. (2004). VITACEL® wheat fibre- highly functional in meat products. *Innovat Food Technol Nr*, 23–32, 34.
9. Prinyawiwatkul, W, Mcwatters, KH, Beuchat, LR, Phillips, R. D. (1997). Physicochemical and sensory properties of chicken nuggets extended with fermented cowpea and peanut flours. *J Agric Food Chem*, 45, 1891–1899.
10. Arrigoni, E, Caprez, A, Amado, R, Neukom, H. (1986). Chemical composition and physical properties of modified dietary fibre sources. *Food Hydrocoll*, 1, 57–64.
11. Zhuravskaia, N. K., Gutnik, B. E., Zhuravskaia, N. A. (2001). *Tekhnokhimicheskii kontrol proizvodstva miasa i miasoproduktov [The thermo-chemical control of meat & meat products production]*. Moscow: Kolos [in Russian].
12. Beecher, G. R. (1999). Phytonutrients role in metabolism: effects on resistance to degenerative processes. *Nutr Rev*, 57, 3–6.
13. Johnson, IT, Southgate, DAT, Edelman, J, Miller, S (Eds.) (1994). Dietary fibre and related substance. *Food Safety Series. Chapman & Hall*, London, 39–65.
14. McCleary, B. V, Prosky, L. (Eds.), Kritchevsky, D. (2000). Dietary fibre in health and disease. In: Proc 1st Int Conf Dietary fibre. Dublin, Ireland, Blackwell Science, Oxford, UK, 14–17 May, 38.
15. Puupponen-Pimia, R. (2002). Development of functional ingredients for gut health. *Tr Food Sci Technol*, 13, 3–11.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

16. Heasman, M., Mellentin, J. (2001). The functional foods revolution, healthy people, healthy profits? Earthscan Publ Ltd., London, 313.
17. IOM. (2005). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients). Institute of Medicine of National Academics, The National Academy Press, Washington DC.
18. Anderson, J. W., Smith, B. M., Gustafson, N. J. (1994). Health benefits and practical aspects of high-fiber diets. *Am J Clin Nutr*, 59, 1242–1247.
19. Slavin, J., Jacobs, D., Marquart, L. (1997). Whole-grain consumption and chronic disease: protective mechanisms. *Nutr Cancer*, 27, 14–21.
20. Kurasawa, S., Hack, VS, Marlett, JA. (2000). Plant residue and bacteria as basis for increased stool weight accompanying consumption of higher dietary fibre diets. *J Am College Nutri*, 19, 426–433.
21. Rowland, I. R. (1995). Toxicology of the colon: role of the intestinal microflora. In *Human colonic bacteria: Role in nutrition, physiology and pathology* (pp. 155–174).
22. Rumney, C., Rowland, I. R. (1995). Nondigestible oligosaccharides potential anti-cancer agents? *BNF Nutr Bull (Sept.)*, 20, 194–203.
23. Rowland IR, Rumney CJ, Coutts JT, Lievens LC. (1998). Effect of *Bifidobacterium longum* and inulin on gut bacterial metabolism and carcinogen-induced aberrant crypt foci in rats. *Carcinogenesis*, 19, 281–285.
24. Chandalia M. et al. (2000). Beneficial effects of high dietary fibre intake in patients with type 2 diabetes mellitus. *N England J Med*, 342, 1392–1398.
25. Van Dokkum, W. (1992). Significance of iron bioavailability for iron recommendations. *Biol Trace Elem Res* 35, 1–11.
26. Torre M, Rodriguez AR, Saura-Calixts F. (1991). Effects of dietary fibre and phytic acid on mineral availability. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 1, 1–22.
27. Wisker, E., Nagel, R., Tanudjaja, TK, Feldheim, W. (1991). Calcium, magnesium, zinc and iron balances in young woman: effects of a low-phytate barley concentrate. *Am J Clin Nutr*, 54, 553–559.
28. Liu S. (2000). A prospective study of whole-grain intake and risk of type 2 diabetes mellitus in US women. *Am J Public Health*, 90, 1409–1415 c.
29. Jacobs, DR, Marquart, L, Slavin, J, Kushi, L. H. (1998). Whole-grain intake and cancer: an expanded review and metaanalysis. *Nutr Cancer*, 30, 85–96.
30. Jacobs, DR, Meyer, KA, Kushi, LH, Folsom, AR. (1998). Wholegrain intake may reduce the risk of ischemic heart disease death in postmenopausal women: the Iowa women's health study. *Am J Clin Nutr*, 68, 248–257.
31. Tharanathan, RN, Mahadevamma, S. (2003). Grain legumes – a boon to human nutrition. *Tr Food Sci Technol*, 14, 507–518.
32. Shinnick, FL, Ink, SL, Marlett, JA. (1990). Dose response to a dietary oat bran fraction in cholesterol-fed rats. *J Nutr*, 120, 561–568 c.
33. Sloan, AE. (2003). Healthier, heartier, and more sophisticated products exhibited. *Food Technol*, 57 (9), 64–70.
34. Yilmaz, I., Daglioglu, O. (2003). The effect of replacing fat with oat bran on fatty acid composition and physicochemical properties of meatballs. *Meat Sci*, 65, 819–823.
35. Figuerola F та ін. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chem*, 91, 395–401.
36. Schieber, A., Stintzing, FC, Carle, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. *Tr Food Sci Technol*, 12, 401–413.
37. Kumar, R., Singh, M. (1984). Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *J Agric Food Chem*, 32, 447–453.
38. Grechko, V. V. Strashynskiy, I. M., Pasichnyi, V. M (2018), Meat fibers using in the meat products technology, International scientific and practical conference “Prospects for the development of technical sciences in EU countries and Ukraine”. (Wloclawek, Republic of Poland, 21-22 December) (pp. 85-87) [in Ukrainian].
39. Ivanov, S., Pasichnyi, V., Strashynskiy, I., Marinin, A., Fursik, O., Krepak, V. (2014). Semi-finished turkey products with using of texturing fillers. *MAISTO CHEMIJA IR TECHNOLOGIJA*, 48 (2), 25-33 [in Ukrainian].

UDC 637.5/05

Victoria Grechko, Ihor Strashynskiy, Vasil Pasichnyi
**FOOD FIBERS AS A FUNCTIONAL INGREDIENT
IN THE MEAT SEMI-PRODUCTS**

Urgency of the research. Nowadays the fast changes of social lifestyle because of the globalisation influence are happening very quickly. The dynamic rhythm of life has made the population use meat convenience food which contains a small quantity of food fibers & substantial part of food additions.

Target setting. The convenience food, which is represented at the market, as a rule lacks functional ingredients that can be included into the recipe to improve the quality taking into consideration healthy nutrition. That is why it is absolutely appropriate to discuss the cellular tissue addition into the convenience food recipes as an advantage for health by removing or decreasing the quantity of the ingredients, which are considered to be harmful.

Actual scientific researches and issues analysis. The last publications on open access, which are related to the cellular tissue using in the meat products, have been studied.

Uninvestigated parts of general matters defining. Together with the enrichment of meat semi-products with food fibers, it is necessary to solve the technological problem how to make the needed consistence & to improve the functional characteristics of meat convenience food.

The research objective. The main target of this article was to study different sources of diet fibers, their influence on health, their using in the meat products & the impact to the quality markers.

The statement of basic materials. The natural diet fibers Just Fiber based on bamboo sprouts *Dendrocalamus Asper*, that can grow up to 30m in height & 30cm in the diameter, are used to produce meat products. This plants are highly cultivated in the different parts of the South-Eastern Asia thanks to their eatable juicy sprouts. The fibers contain 99% of ballast materials which clean the human's body from the cancerogens & high-density metals, and they are necessary for nutrition therapy.

Conclusions. During our research it has been defined the optimal hydration of the bamboo cellular tissue to add it into the recipe & the influence to the organoleptic markers of the meat ground semi-products. To get the high quality mince of low-caloric ground semi-products the optimal level of the bamboo fibers hydration must be 1 : 7.

Keywords: food fibers; bamboo cellular tissue; meat semi-products; meat convenience food; hydration; organoleptic estimation; the result.

Fig.: 3. References: 39.

Гречко Вікторія Віталіївна – аспірант, аспірант проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій (вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601).

Grechko Victoria – PhD student, PhD student of Problem scientific-research laboratory, National University of Food Technologies (68 Vladimirskaya Str., 01601 Kyiv, Ukraine).

E-mail: hrechko1515@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1565-5857>

Страшинський Ігор Мирославович – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет харчових технологій, доцент кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів (вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна).

Strashynskiy Ihor – PhD in Technical Science, Associate Professor, National University of Food Technologies, Associate Professor of the Department of Technology of Meat and Meat Products (68 Vladimirskaya Str., 01601 Kyiv, Ukraine).

E-mail: sim2407@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6591-0414>

Пасічний Василь Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технологій м'яса та м'ясних продуктів, Національний університет харчових технологій (вул. Володимирська, 68, м. Київ, 01601, Україна).

Pasichnyi Vasil – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Technology of Meat and Meat products, National University of Food Technologies (68 Vladimirskaya Str., 01601 Kyiv, Ukraine).

E-mail: Pasww1@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0138-5590>

ResearcherID: N-6100-2018

ScopusAuthor ID: 55053318700

Оксана Гуменюк, Марія Ксенюк, Ольга Дениско, Аліна Кирій

ЗАМІНА ГІДРОГЕНІЗОВАНИХ ЖИРІВ НА РОСЛИННУ ОЛІЮ У СКЛАДІ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Актуальність теми дослідження. Однією з тенденцій розвитку світового ринку кондитерської промисловості, яка тісно пов'язана з турботою про здоров'я споживачів, є розробка рецептур борошняних кондитерських виробів, що не містять гідрогенізованих жирів. Їхнім джерелом у кондитерській продукції є маргарини та кондитерські жири, які виготовляють на основі рослинних олій, зокрема, пальмової та кокосової, чи низькоякісних тваринних жирів, які є відходами м'ясо- та рибопереробних підприємств. Встановлена пряма залежність між підвищенням вмістом у продуктах транс-ізомерів і захворюваннями серцево-судинної системи, порушенням метаболічних процесів, що у свою чергу, провокує розвиток різних хвороб. Тому існує потреба пошуку альтернативної сировини для заміни гідрогенізованих жирів у складі кондитерських виробів.

Постановка проблеми. У процесі пошуку таких видів сировини розробники стикаються з проблемою стабілізації властивостей і якості борошняних кондитерських виробів, що містять рослинні масла, а саме зі зв'язуванням і утриманням олії в тісті та готових виробах. Найчастіше з цією метою використовуються харчові добавки стабілізуючої дії на основі високомолекулярних сполук – полісахаридів і білків. Використання таких добавок зумовлює відхід від традиційної рецептури виробів, обтяжує їхній склад, поповнюючи перелік інгредієнтів на упаковці готових виробів часто незрозумілими споживачеві Е-кодами та назвами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті останні публікації, в яких розкрито механізми негативного впливу транс-жирних кислот на здоров'я людини, в яких також вказано на необхідність обмеження вмісту транс-жирів у харчових продуктах і в яких запропоновані альтернативні джерела жирної сировини для кондитерських виробів.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Актуальним залишається пошук способів стабілізації структури тіста та готових кондитерських виробів з оліями у своєму складі без використання полісахаридів та стабілізаторів білкової природи.

Постановка завдання. Розробка рецептури кондитерського виробу без використання гідрогенізованих жирів.

Виклад основного матеріалу. У ролі альтернативної гідрогенізованим жирам сировини у складі кондитерського виробу використовували соняшникову олію рафіновану. Для стабілізації тіста і готових виробів, а також для поліпшення їхніх органолептичних характеристик до рецептурного складу ввели бітартрат калію. Вивчали фізико-хімічні та органолептичні властивості готових виробів, виготовлених за розробленою рецептурою.

Висновки відповідно до статті. Запропонований рецептурний склад кексу з використанням рослинної олії дає змогу отримати готові вироби з гарними фізико-хімічними та органолептичними показниками якості.

Ключові слова: гідрогенізовані жири; транс-ізомерні жирні кислоти; рослинні олії; бітартрат калію.

Табл.: 2. Рис.: 1. Бібл.: 7.

Актуальність теми дослідження. Однією з тенденцій розвитку світового ринку кондитерської промисловості, яка тісно пов'язана з турботою про здоров'я споживачів, є розробка рецептур борошняних кондитерських виробів, що не містять гідрогенізованих жирів із транс-ізомерними жирними кислотами у своєму складі. Їхнім джерелом у кондитерській продукції є маргарини та кондитерські жири, які виготовляють на основі рослинних олій, зокрема, пальмової та кокосової, чи низькоякісних тваринних жирів, які є відходами м'ясо- та рибопереробних підприємств. Встановлена пряма залежність між підвищенням вмістом у продуктах транс-ізомерів і захворюваннями серцево-судинної системи, порушенням метаболічних процесів, що, у свою чергу, провокує розвиток різних хвороб [1–3]. Таким чином, наявна на сьогодні інформація про негативний вплив транс-ізомерів на здоров'я людини зумовлює необхідність контролю за їх вмістом, обов'язкового винесення на етикетки продукції рівня вмісту транс-ізомерів. У багатьох розвинених країнах світу вміст транс-жирів у продуктах харчування нормується і не повинен перевищувати 2 %, інформація про їх кількість має бути зазначена виробником на етикетці. На підставі численних досліджень Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) рекомендовано знизити рівень споживання транс-ізомерів жирних кислот до 1 % від добової калорійності раціону. Федеральна адміністрація США з харчової продукції та лікарських засобів (FDA) у 2015 році офіційно повідомила про те, що гідрогенізовані рослинні жири не можуть надалі вважатись безпечними для здоров'я (Generally Recognized as Safe, або GRAS), та надала харчовій промисловості час до 2018 року, щоб повністю замінити такі жири у складі харчових продуктів [4]. В Україні поки що немає обмежень щодо вмісту транс-жирів у продуктах харчування, а та-

кож вимог до відповідного маркування. Регламентується вміст транс-ізомерів тільки в маргарині твердому бутербродному та спредах – не більше ніж 8 %, у жирах для молочної промисловості – не більше ніж 15 %. Отже, жири, які містять значну кількість транс-ізомерів, зокрема маргарин, є жировими продуктами обмеженої харчової цінності, а тому варто знайти їм заміну в кондитерській промисловості.

Постановка проблеми У процесі пошуку замінників для гідрогенізованих жирів розробники постають перед проблемою стабілізації властивостей і якості борошняних кондитерських виробів, що містять рослинні олії, а саме зі зв'язуванням і утриманням олії в тісті та готових виробах. Найчастіше з цією метою використовуються харчові добавки стабілізуючої дії на основі високомолекулярних сполук – полісахаридів і білків. Використання таких добавок зумовлює відхід від традиційної рецептури виробів, обтяжує їх склад, поповнюючи перелік інгредієнтів на упаковці готових виробів часто незрозумілими споживачеві Е-кодами та назвами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У міру того як поступово припиняється використання транс-жирів, у розвинених країнах розробляються вісім типів підходів до їх заміни в якості жирової складової: модифікована гідрогенізація; генетична модифікація насіння олійних культур; переестерифікація; фракціонування і змішування рослинних олій; використання масла і тваринного жиру, природних насичених олій, природних ненасичених олій; використання замінників жиру. Але всі ці альтернативи транс-жирам потребують ретельного вивчення, щоб встановити їхній вплив на здоров'я людини [5].

Аналіз публікацій українських та інших країн східноєвропейського простору щодо часткового або повного вилучення гідрогенізованих жирів зі складу борошняних кондитерських виробів показав, що головною проблемою заміни гідрогенізованих жирів на рослинні олії є стабілізація структури тіста та показників якості готових виробів [6]. Для уникнення погіршення якості готового виробу, а також підвищення стійкості емульсій, до складу борошняних кондитерських виробів обов'язково вводиться емульгатор полісахаридної природи [6]. Серед найчастіше використовуваних з цією метою полісахаридів зустрічаються камеді, модифіковані крохмалі, ксампан. Назви цих полісахаридів рясніють на маркуваннях різноманітних харчових продуктів: молочних, м'ясних, хлібобу-лочних виробах. А тому включати їх до складу нових розробок кондитерських борошняних виробів, з метою виробництва безпечних для здоров'я людини продуктів не є доцільним.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Актуальним залишається пошук способів стабілізації структури тіста та готових кондитерських виробів з оліями у своєму складі без використання полісахаридів та стабілізаторів білкової природи.

Постановка проблеми. Метою роботи є розробка рецептури борошняного кондитерського виробу без використання гідрогенізованих жирів.

Виклад основного матеріалу. Борошняні кондитерські вироби – це група харчових продуктів досить широкого асортименту. Вони значно відрізняються між собою за рецептурним складом та органолептичними властивостями, що досягається передусім шляхом включення до рецептур різноманітних інгредієнтів та використання певних технологічних операцій. Для розробки кондитерського виробу, що не містить гідрогенізованих жирів, був обраний кекс. Прототипом розробки був обраний відомий кекс «Ароматний» [7]. Розроблений новий кекс містить борошно пшеничне вищого гатунку, цукор білий, меланж, цукрову пудру, есенцію цитрусову, як жирову складову – олію соняшникову рафіновану; як розпушувач – суміш натрію двовуглекислого і бітарtrat калію. Бітарtrat калію був введений як емульгатор для стабілізації структури тіста, в якому використовується рідкий жир, а також як кисла сіль для нейтралізації основного розпушувача.

Дослідження фізико-хімічних та органолептичних показників тіста і готових виробів проводили за шляхом лабораторного пробного випікання. У ролі контрольного використовували зразок, виготовлений за рецептурою кексу «Ароматного».

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Загалом було проведено 4 проби лабораторних випічок: зразок 1 – контроль; зразки 2, 3, 4 – зразки на олії соняшниковій рафінованій із використанням в якості розпушувача відповідно вуглекислого амонію – зразок 2; розпушувача на основі суміші амонію вуглекислого ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) і бітартрату калію ($\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$) – зразок 3; розпушувача на основі суміші натрію двовуглекислого (NaHCO_3) і бітартрату калію – зразок 4.

Під час дослідження властивостей тіста та готових виробів визначали еластичність тіста, лужність, вологість тіста і готових виробів. У контролі тісто отримали густе, крихке і липке (рис. 1, а). У зразка 2, тісто вийшло тягуче та густе, важко перемішувалось (рис. 1, б); у зразка 3 – однорідне, тягуче, консистенції густої пасти (рис. 1, в); у зразка 4 – однорідне, гладеньке, тягуче, яким найлегше було заповнювати форми (рис. 1, г).

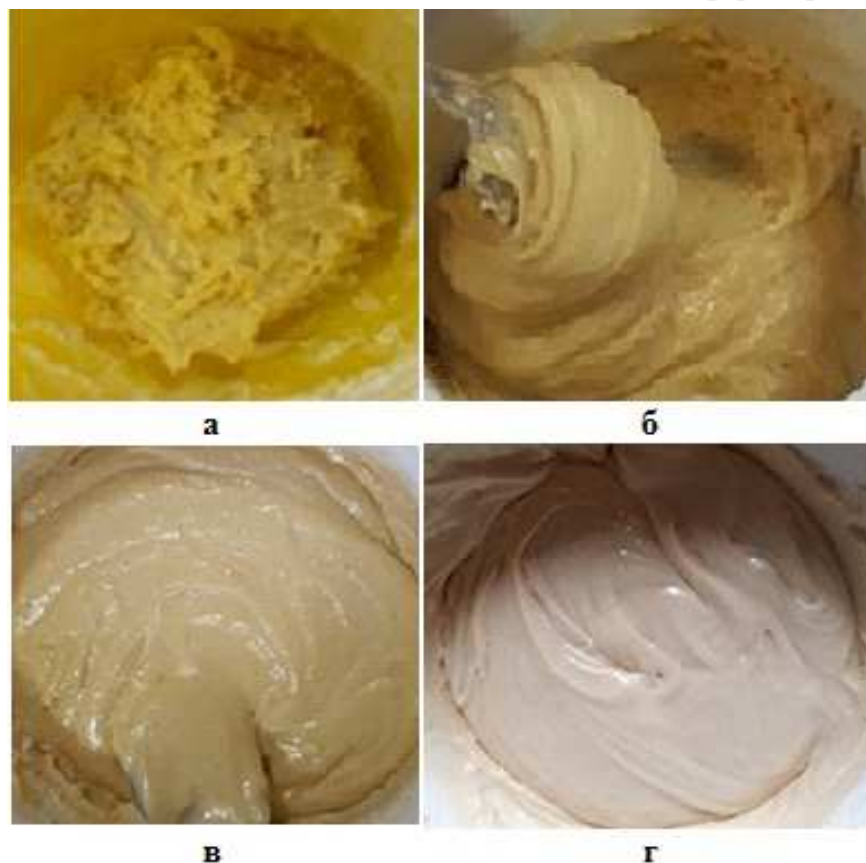


Рис. 1. Вплив розпушувача на структуру тіста: з маргарином (а) і з рослинною олією (б, в, г): а – зразок ; б – зразок 2; в – зразок 3; г – зразок 4

Зведені дані визначення вологості та лужності наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати досліджень показників якості тіста та готового виробу

Показник якості	Контроль	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ і $\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	NaHCO_3 і $\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$
Вологість тіста, %	25,2	24,6	22,6	23,4
Лужність кексів, град	1,1	1,1	0,6	0,2
Вологість кексів, %	15,3	14,9	12,7	13,5

Вологість кексу без начинки за ДСТУ 4505:2005 становить 10...31 %; лужність кексу – не більше як 2,0 град. Таким чином, одержані значення вологості та лужності готових виробів відповідають вимогам стандарту.

Зведені дані дослідження органолептичних властивостей наведені в табл. 2.

Органолептичні властивості готових виробів

Назва	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Форма	Відповідає формі, в якій проводили випікання			
Поверхня	Посипана цукровою пудрою, наявні незначні тріщини і розриви на поверхні			
Колір	Коричневий	Коричневий	Коричневий	Світло-жовтий
Вид у розломі	Пропечений, без закалу та слідів непромісу			
Смак і запах	Властиві цьому виробу, без сторонніх присмаку та запаху		Властиві цьому виробу, післясмак «кислинки»	Властиві цьому виробу, без сторонніх присмаку та запаху

За результатами дегустаційного аналізу виявили, що найкращими смаковими властивостями відрізнявся зразок 3.

Висновки відповідно до статті. У результаті проведених досліджень було встановлено наступне:

– у випадку заміни жирової складової кексу з гідрогенізованого жиру на рослинну олію використання бітартрату калію зміцнює структуру тіста, полегшує його формування, запобігає відділенню жиру, що дає змогу не використовувати полісахаридні чи білкові емульгатори, а отже, обтяжувати рецептуру додатковими добавками.

– дія бітартрату калію, як кислої солі, поліпшує смакові властивості готових виробів за рахунок нейтралізації основного розпушувача, надає приємного смаку та присмаку «кислинки».

Список використаних джерел

1. Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women / Willett WC1, Stampfer MJ, Manson JE, Colditz GA, Speizer FE, Rosner BA, Sampson LA, Hennekens CH. *Lancet*. 1993 Mar 6. № 341(8845). P. 581-5.
2. Trans fat diet induces abdominal obesity and changes in insulin sensitivity in monkeys / Kavanagh K1 et al. *Obesity (SilverSpring)*. 2007 Jul. № 15(7). P. 1675-84.
3. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. URL: <http://www.efsa.europa.eu/it/efsajournal/pub/1461.htm>.
4. *Trans Fat*. <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/trans-fat>.
5. David C. Klonoff. Replacements for Trans Fats—Will There Be an Oil Shortage? *J Diabetes Sci Technol*. 2007 May. № 1(3). P. 415–422.
6. Пензяева Т. В., Дмитриева Е. В. Закономерности формирования качества мучных кондитерских изделий с использованием растительных масел. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*. 2009. № 1. С. 48–50.
7. Рецептуры на торты, пирожные, кексы и рулеты. Часть III: Пирожные, кексы, рулеты, полуфабрикаты. Москва: Министерство пищевой промышленности СССР, 1978. 620 с.

References

1. Willett, WC1, Stampfer, MJ, Manson, JE, Colditz, GA, Speizer, FE, Rosner, BA, Sampson, LA, Hennekens, CH. (1993 Mar 6). Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet*, 341(8845), 581-5.
2. Kavanagh, K1, Jones, KL, Sawyer, J, Kelley, K, Carr, JJ, Wagner, JD, Rudel, LL. (2007 Jul). Trans fat diet induces abdominal obesity and changes in insulin sensitivity in monkeys. *Obesity (SilverSpring)*, 15(7), 1675-84.
3. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. Retrieved from <http://www.efsa.europa.eu/it/efsajournal/pub/1461.htm>.
4. *Trans Fat*. Retrieved from <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/trans-fat>.
5. David, C. Klonoff (May 2007). Replacements for Trans Fats – Will There Be an Oil Shortage? *J Diabetes Sci Technol.*, 1(3), 415–422.
6. Renzyayeva, T. V. (2009) Zakonomernosti formirovaniya kachestva muchnykh konditerskikh izdeliy s ispolzovaniem rastitelnykh masel [Patterns of formation of the quality of flour confectionery

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

products using vegetable oils]. *Izvestiia VUZov. Pyshevaia tekhnologiia – Universities. Food technology*, 1, 48–50.

7. *Retseptury na torty, pirozhnyye, keksy i rulety. Chast III: Pirozhnyye, keksy, rulety, polufabrikaty [Recipes for cakes, pastries, muffins and rolls. Part III: Cakes, muffins, rolls, ready-to-cook foods]* (1978). Moscow: Ministerstvo pishchevoy promyshlennosti SSSR [in Russian].

UDC 664.681

Oksana Gumeniuk, Maria Kseniuk, Olga Denisko, Alina Kiri

REPLACEMENT OF HYDROGENATED FATS FOR VEGETABLE OIL IN THE COMPOSITION OF CONFECTIONERY

Urgency of the research. One of the trends in the development of the global confectionery market, which is linked to the care of consumers health, is the development of confectionery that do not contain hydrogenated fats. Their source in confectionery are margarines and confectionery fats, which are made on the basis of vegetable oils, in particular, palm and coconut or low-quality animal fats, which are waste meat and fish processing enterprises. A direct relationship between the increased content of trans-isomers in the products and diseases of the cardiovascular system, impaired metabolic processes, in turn, provokes the development of various diseases has been established. Therefore, search for alternative raw materials to replace the hydrogenated fats in the confectionery composition is a need.

Target setting. In the process of searching for these types of raw materials, developers are faced with the problem of stabilizing the properties and quality of confectionery containing vegetable oils, namely, the binding and content of oil in dough and finished products. Most often, for this purpose, food additives of a stabilizing action based on high-molecular compounds - polysaccharides and proteins are used. The use of such additives leads to a departure from the traditional formulation of products, adding to the list of ingredients on the packaging of finished products is often in no way understandable to the consumer by E-codes and names.

Actual scientific researches and issues analysis. The latest publications have been reviewed, which disclose the mechanisms of negative effects of trans-fatty acids on human health, which also indicate the need to limit the content of trans fats in food products and which suggest alternative sources of fatty materials for confectionery.

Uninvestigated parts of general matters defining. Remains relevant search for ways to stabilize the structure of confectionery products, which contain vegetable oil in its composition, without the use of polysaccharides and protein stabilizers.

The research objective. The aim of the study is the development of confectionery recipe without the use of hydrogenated fats.

The statement of basic materials. Refined sunflower oil as an alternative to hydrogenated fats in the confectionery was used. To stabilize the dough and finished products, as well as to improve their organoleptic characteristics, potassium bitartrate was introduced into the formulation. The physico-chemical and organoleptic properties of finished products manufactured according to the developed recipe were studied.

Conclusions. The proposed prescription composition of the confectionery with the use of vegetable oil in its composition allows to obtain finished products with good physico-chemical and organoleptic quality indicators.

Keywords: hydrogenated fats trans-isomeric; fatty acids; vegetable oils; potassium bitartrate.

Fig.: 1. References: 7.

Гуменюк Оксана Леонідівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Gumeniuk Oksana – PhD in Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Food Technologies, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: gum_ok@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9856-8635>

ResearcherID: F-9471-2016

Scopus Author ID: 9839040200

Ксенюк Марія Павлівна – старший викладач кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kseniuk Maria – senior lecturer of Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: maria-ksenjuk@i.ua

Дениско Ольга Миколаївна – студентка, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Denisko Olga – student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: ofofof867@gmail.com

Кирій Аліна Сергіївна – студентка, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kiri Alina – student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: alina_kyrii@ukr.net

УДК 687.13-027.267

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-170-180

Іраїда Дудла, Олена Хребтань

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАТУРАЛЬНИХ ТА СИНТЕТИЧНИХ НАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЕРХНЬОГО ДИТЯЧОГО ОДЯГУ

Актуальність теми дослідження. Основною функціональною властивістю верхнього дитячого одягу є теплозахисна властивість. Питання дослідження теплозахисних властивостей натуральних та синтетичних наповнювачів для виготовлення верхнього дитячого одягу є досить багатограним, складним та недостатньо вивченим. Це пов'язано з тим, що для виготовлення верхнього дитячого одягу використовують нові тканини для верху та підкладки, а також наповнювачі різного походження.

Постановка проблеми. Оскільки одяг найбільше значення має для процесів теплообміну організму людини з навколишнім середовищем та для забезпечення нормальної терморегуляції, тому визначення оптимальних параметрів теплозахисних властивостей натуральних та синтетичних наповнювачів для виготовлення верхнього дитячого одягу є важливим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Приділено значну увагу прогнозуванню теплозахисних властивостей зимового одягу або його конструюванню, обґрунтуванню вибору пакета матеріалів для виготовлення дитячого верхнього одягу, математичному моделюванню перенесення тепла крізь текстильні матеріали та фізичній моделі визначення теплового опору.

Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми. Теплозахисні властивості саме натуральних та синтетичних наповнювачів для верхнього дитячого одягу практично не вивчені, а розрахунки оптимальних параметрів цих властивостей носять фрагментарний характер.

Постановка завдання. Визначити оптимальні параметри теплозахисних властивостей натуральних та синтетичних наповнювачів для виготовлення верхнього дитячого одягу.

Виклад основного матеріалу. З'ясовано, що теплозахисні властивості верхнього дитячого одягу з пір'яно-пуховим та синтетичним текстильним наповнювачем залежать від виду самого наповнювача, товщини, поверхневої густини та повітропроникності пакета одягу.

Висновки відповідно до статті. Верхній дитячий одяг з пір'яно-пуховим наповнювачем при меншій товщині мають найменший рівень повітропроникності, що забезпечує їй кращі теплозахисні властивості. Вищий рівень повітропроникності властивий дитячому одягу з синтетичним текстильним наповнювачем при значно більшій товщині пакета і може забезпечувати високі показники теплозахисних властивостей.

Запропоновано математичні рівняння для визначення оптимальних параметрів теплозахисних властивостей натуральних та синтетичних наповнювачів для виготовлення верхнього дитячого одягу.

Ключові слова: наповнювач; верхній дитячий одяг; куртки; теплозахисні властивості.

Рис.: 4. Табл.: 2. Бібл.: 18.

Актуальність теми дослідження. Механізм терморегуляції організму дитини є обмеженим та недостатньо розвинутим. Зважаючи на це, верхній дитячий одяг є своєрідним бар'єром, який захищає організм дитини від більш низьких температур та несприятливого впливу навколишнього середовища, а також сприяє збереженню теплового балансу дитячого організму та запобігає зайвій тепловіддачі.

Відомо, що основною функціональною властивістю верхнього дитячого одягу є теплозахисні властивості. Питання дослідження теплозахисних властивостей верхнього дитячого одягу, зокрема їх наповнювачів, є досить багатограним, складним та недостатньо вивченим. Це пов'язано з тим, що для виготовлення верхнього дитячого одягу використовують нові тканини для верху та підкладки, а також наповнювачі різного сировинного складу.

Основним призначенням теплозахисного одягу є захист організму людини від несприятливих впливів навколишнього середовища (низька температура, вітер, туман, дощ, сніг та ін.). Одяг створює людині штучно регульований мікроклімат, який, знижуючи тепловтрати організму, забезпечує сприятливі умови для підтримання постійної температури тіла.

Таким чином, одяг, будучи бар'єром, що ізолює організм людини від нижчих температур навколишнього середовища, зберігає тепловий баланс організму людини, запобігає зайвій тепловіддачі.

Оскільки частка імпортованого одягу на ринку України значно перевищує дитячий одяг вітчизняних виробників, постає необхідність дослідження теплозахисних властивостей саме імпортової продукції.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Постановка проблеми. Оскільки найбільше значення одяг має для процесів теплообміну організму людини з навколишнім середовищем та для забезпечення нормальної терморегуляції, визначення оптимальних параметрів теплозахисних властивостей натуральних та синтетичних наповнювачів для виготовлення верхнього дитячого одягу є важливим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняні вчені приділяють значну увагу саме прогнозуванню теплозахисних властивостей зимового одягу [1] або особливостям його технічного конструювання [2, 3, 4], обґрунтуванню вибору пакета матеріалів для виготовлення дитячого верхнього одягу, зокрема куртки-рюкзака для скаута [5] або математичному моделюванню перенесення тепла крізь текстильні матеріали [6] та фізичній моделі визначення теплового опору [7].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Теплозахисні властивості саме наповнювачів для виготовлення верхнього дитячого одягу практично не вивчені, а розрахунки оптимальних параметрів цих властивостей носять фрагментарний характер.

Постановка завдання (мета статті). Визначити оптимальні параметри теплозахисних властивостей натуральних та синтетичних наповнювачів для виготовлення верхнього дитячого одягу.

Виклад основного матеріалу. Зниження втрат тепла тілом людини виражається в більшому ступені при більш низьких температурах повітря. Тепловтрати організму при зниженні температури зовнішнього середовища зростають тим швидше, чим менші теплозахисні властивості одягу. Знижуючи втрати тепла, одяг зменшує теплопродукцію, тобто інтенсивність окислювальних процесів організму.

Верхній одяг – це плечовий або поясний одяг, за винятком білизняних і корсетних виробів, а, відповідно, дитячий одяг – це одяг для дівчаток і хлопчиків, віком до 18 років [8]. На сьогоднішній день, ринок верхнього дитячого одягу є досить різноманітним і наповнений великою кількістю моделей, які різняться між собою довжиною, кроєм, широким спектром кольорів та наповнювачами [9]. Зокрема, до верхнього дитячого одягу відносять куртки. Згідно ДСТУ 2027 – 92 куртка – це плечовий верхній одяг із рукавами, розрізом або застіркою згори донизу, яким укривають тулуб і частково стегна [8]. Різновидом куртки є пуховик – стьобана куртка або пальто з прокладкою з пухоперовим наповнювачем або із синтетичних нетканних матеріалів [10].

Український ринок насичений виробами як вітчизняного (відомі та маловідомі українські бренди дитячого одягу або ж товари, відшиті на українських фабриках та представлені більш широкому колу споживачів на речових ринках), так і імпортного виробництва (вироби відомих та ще маловідомих світових брендів, що доступні, в основному, в спеціалізованих брендових магазинах).

Серед найпопулярніших імпортерів верхнього дитячого одягу можна виділити наступні бренди – Mariquita (Польща), Zeplin (Туреччина), Besta Plus (Польща), Piazza Italia (Італія), United colors of Benetton (Іспанія), OVS kids (Італія), Zara (Іспанія) та інші. А найбільші вітчизняні виробники верхнього дитячого одягу – Gusseva KIDS (м. Львів), Businka Dress (м. Харків), Berry Wear (м. Вишневе Київської обл.), VoGi (м. Київ), Соня (м. Бровари, Київської обл.), Юніор (м. Хмельницький) та інші.

Дитячий одяг повинен відповідати ряду специфічних вимог, що пов'язано з анатомо-фізіологічними особливостями дітей. Тонка та ніжна шкіра дітей може бути легко поранена, а її захисні функції від різноманітних шкідливих впливів навколишнього середовища більш слабкі, ніж у дорослих.

Відносна поверхня шкіри в дітей більша, ніж у дорослих. Так, на 1 кг ваги приходится поверхні шкіри (см²): у дорослої людини – 221, у 15-річних дітей 337, у 10-річних – 423, у 6-річному – 456, у новонароджених – 704. Відносно велика поверхня шкіри обумовлює досить велику віддачу тепла дитячим організмом. Разом з цим, підвищена тепловіддача

пов'язана з великою кількістю в шкірі дітей кровоносних судин, більш швидким кругообігом крові та недосконалістю нервових механізмів регуляції тепла [11].

Шкіра дитини значно слабше захищає організм дитини від різких коливань температури навколишнього середовища, різноманітних травм та механічних пошкоджень, ніж у дорослої людини. Окрім цього, значна вага одягу в умовах великої рухливості дитини та слабкого розвитку м'яз, приводить до того, що дитячий організм доволі швидко виснажується та стомлюється. Зважаючи на такі особливості побудови та функціонування організму дитини, верхній дитячий одяг для дітей повинен бути більш теплим та легким, аніж для дорослих.

Крій дитячого одягу повинен бути вільним, не сковувати рухів дитини, не порушувати кровообігу та не викликати деформації скелета, оскільки кісткова тканина у дітей доволі легко піддається механічним впливам та деформується. Верхній дитячий одяг повинен мати високу теплоізоляцію та бути досить легким. Враховуючі вище вказані вимоги, такий одяг повинен включати вітрозахисну тканину та теплоізоляційну прокладку.

Теплорегуляційні механізми дитини є недосконалими і перегрівання для її організму так само шкідливе, як і переохолодження. Діти перегріваються не тільки влітку, а й узимку, якщо їхній верхній одяг не відповідає температурі повітря.

Зони хорошого самопочуття (комфорту) дитини у верхньому одязі зазвичай співпадають з такими метеорологічними умовами, за яких теплові втрати відповідають теплу, яке виробляється організмом (теплопродукції), тобто в організмі встановлюється теплова рівновага.

Теплозахисні властивості верхнього дитячого одягу напряму залежать від того, наскільки якісно вони захищають організм дитини від навколишнього середовища. Як вказано в табл. 1, втрати тепла по всьому організму не є однаковими і при проектуванні верхнього одягу для дітей слід більш детально розглянути, які частини тіла втрачають доволі великий відсоток тепла та потребують кращого захисту.

Таблиця 1

Характеристика розподілу теплового потоку в одягнених хлопців та дівчат в стані спокою та при ходьбі [11]

Ділянки тіла	Втрати тепла у % до загальної втрати тіла	
	Хлопці	Дівчата
В стані спокою		
Тулуб	20,1	23,6
Верхні кінцівки	13,5	13,7
Кисті рук	4,3	6,3
Бедра + гомілка	37,9	37,5
Стопа	7,3	7,8
Голова	18,1	12,9
При ходьбі		
Тулуб	21,3	22,0
Верхні кінцівки	13,1	12,1
Кисті рук	4,6	4,4
Бедра + гомілка	40,7	44,0
Стопа	5,6	6,4
Голова	15,0	11,8

Як видно з табл. 1, у хлопців та дівчат локальні теплові втрати мають порівняно близькі значення. Найбільші втрати тепла виникають в області тулуба (20-23%), бедер та гомілки (37-44%), верхніх кінцівок (12-13%) та голови (11-18%). Дані дослідження свідчать про те, що при конструюванні верхнього дитячого одягу велику увагу слід звертати саме на ці місця, адже необхідно зробити так, щоб теплові втрати були мінімальними. Це можливо досягти за рахунок додаткових манжетів на рукавах та знизу

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

верхнього одягу, що усуне ймовірне проникнення вітру, доцільно було б передбачити капюшон, який захищатиме голову дитини, зробити цей одяг більш довгим, щоб прикрити більшу частину тіла дитини.

Підвищені теплозахисні властивості верхнього дитячого одягу є головною вимогою щодо його якості, яка повинна досягатися не за рахунок використання важких, товстих та щільних тканин особливих структур, що певною мірою імітуватимуть властивості хутра, а застосуванням відповідного теплоізоляційного матеріалу (пір'я-перо, синтапон та інші) та вітростійкої прокладки, тобто правильним підбором матеріалів пакету одягу.

Задля забезпечення високої якості верхнього дитячого одягу досить велику увагу слід звернути на вибір покривної тканини, адже саме на неї покладаються досить важливі функції верхнього одягу – вона сприймає основне механічне навантаження, захищає дитину від вітру, дощу тощо, а також має значне естетичне та декоративне значення. Зважаючи на це, покривна тканина для верхнього дитячого одягу, незалежно від волокнистого складу, повинна бути насамперед міцною, зносостійкою, легкою, м'якою, мало повітропроникною, гігроскопічною, не повинна зминатися, а також, поряд з цим – за фактурою, кольором та малюнком бути красивою та модною. Не менш важливе значення має використання якісного теплоізоляційного матеріалу. Він має бути легким, пористим, оптимальної товщини, з малою теплопровідністю та високими пружними властивостями при стисканні. За рахунок своєї структури теплоізоляційний матеріал має забезпечувати порівняну нерухомість (інертність) повітря, який в ньому знаходиться. Даний матеріал затримує навколо тіла дитини в порівняно нерухомому стані певний шар повітря, забезпечуючи цим самим необхідні теплозахисні властивості.

Для проведення дослідження було взято два зразки:

- зразок 1 – куртка з об'ємним натуральним пір'яно-пуховим наповнювачем (70% пір'я та 30% пера, згідно з маркуванням на етикетці) сірого кольору;
- зразок 2 – куртка з об'ємним синтетичним текстильним наповнювачем (100% поліестер, згідно маркування на етикетці) синього кольору.

Маркування на внутрішній та зовнішній етикетках вказує на те, що матеріал верху та підкладки в обох куртках – 100% поліестер (рис. 1).



Зразок 1



Зразок 2

Рис. 1. Зовнішній вигляд досліджуваних зразків дитячих курток

Обидві куртки без хутра і належать до товарів італійського дитячого бренду OVS kids, що реалізується на ТОВ «АРГО – торгівельна мережа» та належать до вікової категорії від 3 до 6,5 років

Експериментальні дослідження проводилися в лабораторії аналітичних досліджень і випробувань продукції науково-технічного центру підтвердження відповідності, стан-

дартизації та випробувань продукції легкої промисловості й засобів індивідуального захисту ДП «Укрметртестстандарт» (м. Київ, Україна).

Для оцінки якості верхнього дитячого одягу, а саме – курток з об'ємним наповнювачем було проведено наступні дослідження:

- визначення товщини пакету згідно ГОСТ 12023 – 2003 «Матеріали текстильні. Полотно. Метод визначення товщини» [12];
- розрахунок поверхневої густини за ДСТУ EN 12127:2009 «Матеріали текстильні. Тканини. Визначення маси на одиницю площі з використанням малих проб» [13] з використанням лабораторних електронних ваг «ADVENTORER» AR 2140 2 кл.;
- вимірювання повітропроникності відповідно до ГОСТ 12088 – 77 «Матеріали текстильні та вироби з них. Метод визначення повітропроникності» [14] на стандартному приладі ВПТМ-2;
- визначення вмісту складників сировинного складу за ДСТУ 4057 – 2001 «Матеріали текстильні. Метод ідентифікації волокон» [15];
- розрахунок сумарного теплового опору згідно ГОСТ 20489 – 75 «Матеріали для одягу. Метод визначення сумарного теплового опору» [16] за допомогою приладу ПТС-225 (МТ-380).

Для характеристики теплозахисних властивостей визначають сумарний тепловий опір, який вказує на падіння температури ($^{\circ}\text{C}$) при проходженні через 1 м^2 виробу даної товщини теплового потоку потужністю 1 Вт . Прилад призначений для вимірювання сумарного теплового опору як показника теплозахисних властивостей в умовах теплообміну з навколишнім повітрям за ГОСТ 20489-75 для тканин, нетканих полотен, штучного хутра, натурального хутрового напівфабрикату, хутряних пластин на штучній основі. Метод полягає у вимірюванні часу охолодження пластини приладу в заданому інтервалі перепадів температур між поверхнею пластини, ізольованим матеріалом або пакетом і навколишнім повітрям [16].

Для створення під пробою повітряного шару товщиною 5 мм служить текстолітове кільце, яке встановлюється на корпус приладу без контакту з пластиною. Гальванометр з диференціальною термопарою служить для вимірювання перепаду температур між поверхнею пластини і навколишнім повітрям. Тривалість охолодження пластини між контрольними точками шкали гальванометра визначають секундоміром. Для запобігання впливу сторонніх потоків повітря на охолодження нагрівальної пластини в умовах природної конвекції на столі приладу навколо нагрівальної пластини встановлюють чотири панелі з органічного скла, що утворюють камеру спокійного повітря.

Перед початком випробування нагрівальну пластину нагрівають і охолоджують чотири-п'ять разів. Потім визначають час її охолодження не менше трьох разів. Дослідження проводилися при абсолютних значеннях температури повітря в приміщенні, від 18 до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ та при відносній вологості повітря $(65 \pm 5)\%$ [16, 17].

Зразки курток встановили на приладі лицьовою стороною до повітряного потоку. Далі проводиться нагрівання пластини приладу з пробою до досягнення перепаду температур $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (різниці температури пластини і повітряного потоку), після чого електронагрівач відключається від мережі і вмикається вентилятор.

Для вирівнювання температурного поля пластини приладу охолоджується до перепаду температур $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, після цього включається секундомір і фіксується час охолодження пластини до перепаду температур $45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Фото проведення експерименту зображено на рис. 2.



Рис. 2. Визначення показника сумарного теплового опору зразка 1 за допомогою приладу ПТС-225

Час охолодження пластини 1 зразка (пір'яно-пуховий наповнювач) склав 1367 с., а 2 зразка (синтетичний текстильний наповнювач) – 1433 с. Після проведення випробувань відбувалась обробка отриманих результатів, згідно з формулами 1-5:

Темп охолодження, m обчислюють за формулою:

$$m = \frac{\ln N_1 - \ln N_k}{T}, \text{ c}^{-1} \quad (1)$$

де $\ln N_1$ та $\ln N_k$ – натуральні логарифми показників гальванометра N , що відповідають інтервалу перепаду температур $55 - 45$ °C; T – середній час охолодження пластини приладу в заданому інтервалі перепадів температур, с.

Сумарний тепловий опір $R_{\text{сум}}$, проби розраховують за формулою:

$$R_{\text{сум}} = \frac{E}{\Phi \cdot K(m - B \cdot E)}, \text{ м}^2\text{°C/Вт} \quad (2)$$

де Φ – фактор приладу, Дж/($\text{м}^2\text{°C}$); B – поправка на розсіювання теплового потоку в приладі, с^{-1} ; K – коефіцієнт, який враховує розсіювання теплового потоку в пробі; E – коефіцієнт, що розраховується за формулою:

$$E = \frac{3C_1}{3C_1 + C_2}, \quad (3)$$

де C_1 – повна теплоємність пластини, Дж/°C; C_2 – повна теплоємність проби, що розраховується за формулою:

$$C_2 = 1,675 \cdot 10^3 \cdot q \cdot S, \text{ Дж/°C} \quad (4)$$

де $1,675 \cdot 10^3$ – питома теплоємність матеріалів органічного походження, Дж/кг °C; q – поверхнева щільність проби, кг/м^2 ; S – площа пластини, м^2 .

K – коефіцієнт, який враховує розсіювання теплового потоку в пробі розраховується за формулою:

$$K = 0,4 + \frac{0,6}{\left(1 + \frac{2b}{d}\right)^2}, \quad (5)$$

де d – діаметр пластини приладу, мм; b – товщина, мм.

Отримані результати досліджень, що стосуються оцінки якості верхнього дитячого одягу зведені в табл. 2.

Таблиця 2

Властивості наповнювача для виготовлення верхнього дитячого одягу

Назва наповнювача/ волокна	Поверхнева густина, г/м ²	Товщина, мм	Повітропроникність, дм ³ /м ² с	Тепловий опір	
				сумарний	відносний сумарний*
				м ² °C/Вт	
Пір'яно-пуховий	351,6	12	6,9	0,39	0,325
Синтетичний	838,6	16	9,5	0,41	0,256

*У перерахунку на товщину пакета наповнювача 10 мм.

Зразки дитячих курток із об'ємними наповнювачами відрізняються за товщиною пакета – в зразка 2 (синтетичний текстильний наповнювач) має товщину 16 мм, що на 4 мм більше, ніж в зразка 1 (пір'яно-пуховий наповнювач), товщина якого становить 12 мм. Разом з цим, суттєва різниця помітна і в значеннях поверхневої густини – 838,6 г/м² в зразка 2 та 351,6 г/м² – в зразка 1. Можна передбачити, що за рахунок більшої поверхневої густини куртка з синтетичним текстильним наповнювачем матиме більшу вагу, що значною мірою сковуватиме рухи дитини та створюватиме їй відчуття дискомфорту.

Значення показника повітропроникності є найнижчим для зразка 1 – куртки з пір'яно-пуховим наповнювачем, що дає їй змогу найкраще виконувати своє функціональне призначення, а саме – захищати дитину від значних втрат тепла та впливу навколишнього середовища. Також, при різних значеннях товщини та маси пакета, відносні показники сумарного теплового опору знаходяться майже на одному рівні 0,325 м²°C/Вт в зразка 1 та 0,256 м²°C/Вт в зразка 2.

Визначення оптимальних параметрів теплозахисних властивостей верхнього дитячого одягу з різними наповнювачами від поверхневої густини та повітропроникності зображено на рис. 3 та 4.

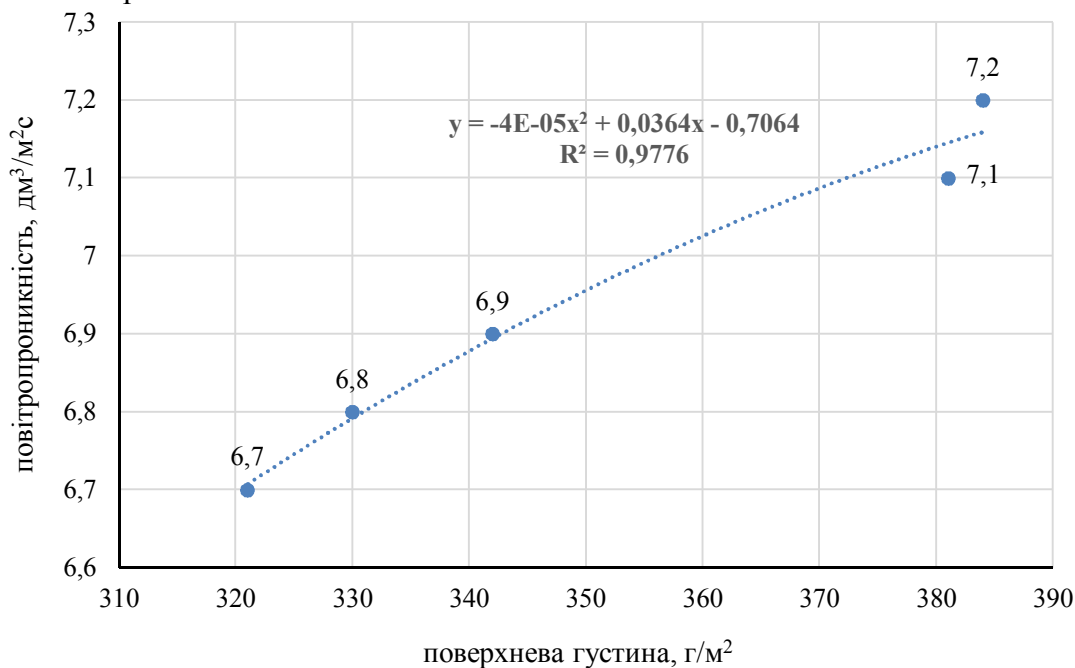


Рис. 3. Залежність повітропроникності дитячої куртки з пір'яно-пуховим наповнювачем (зразок 1) від поверхневої густини пакета

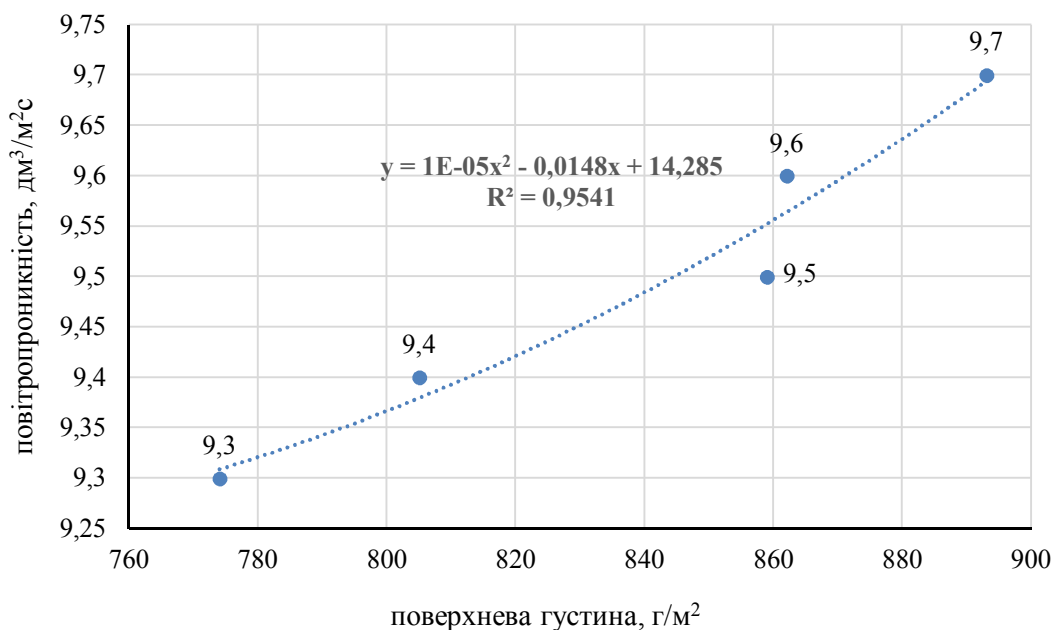


Рис. 4. Залежність повітропроникності дитячої куртки із синтетичним текстильним наповнювачем (зразок 2) від поверхневої густини пакета

Дані залежності описуються відповідними математичними рівняннями та мають великі значення коефіцієнта конкордації.

Можна передбачити, що рівень сумарного теплового опору залежить від повітропроникності пакета наповнювача. Чим менша теплопровідність, тим вищий рівень теплового опору. Ймовірно, важливе значення в оцінці теплових властивостей відіграє об'ємна структура наповнювача. Якщо наповнювач характеризується наявністю великої кількості крупнорозмірних пор, що обумовлює високу повітропроникність через вільне проходження повітря через пакет наповнювача, то тепловий опір, тобто здатність утримувати тепло, буде низький. І навпаки, щільна структура з наявністю великої кількості дрібнорозмірних або різнорозмірних пор характеризуватиметься низькою повітропроникністю та високим тепловим опором. Так, пір'я складається із тонких волокон, а пір'ю властива наявність товстого стовбура. Можна передбачити, що така структура утворює велику кількість різнорозмірних "повітряних камер", завдяки чому забезпечується хороший рівень утримання тепла та відповідна теплоізоляція від температури навколишнього середовища [18].

Висновки відповідно до статті. Отже, зразок дитячої куртки з наповнювачем пухперо при меншій товщині має найменший рівень повітропроникності, що забезпечує їй кращі теплозахисні властивості. Вищий рівень повітропроникності властивий 2-му зразку з синтетичним наповнювачем при товщині пакета 16 мм.

Список використаних джерел

1. Донченко С. В., Шаравіна Х. О., Рубаха Н. М. Ситуаційний аналіз прогнозування теплозахисних властивостей зимового одягу. *Вісник КНУТД*. 2016. № 6. С. 100–108.
2. Кальна М. М., Донченко С. В., Яловий В. В., Когут О. О. Дослідження впливу конструкторсько-технологічних параметрів коміркового теплозахисного шару одягу типу «пуховик» на теплозахисні властивості. *Технології та дизайн*. 2015. № 2 (15). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2015_2_3.
3. Назарук Л. В. Якість та комфортність дитячого одягу з елементами трансформації. *Вісник КНУТД*. 2016. № 3. С. 148–153.
4. Васильєва І. В. Розробка підходу до створення нових форм дитячого зимового одягу методами дизайн-проекту. *Теорія та практика дизайну. Технічна естетика*. 2015. Вип. 8. С. 26–33.

5. Кокоянчук Ю. Б., Троян О. М., Степанова Л. С. Обґрунтування вибору пакета матеріалів для виготовлення дитячої куртки-рюкзака для скаутів. *Вісник ХНУ*. 2012. № 5. С. 79–83.
6. Галавська Л. Є. Математичне моделювання перенесення тепла крізь текстильні матеріали. *Вісник КНУТД*. 2012. № 1. С. 105–109.
7. Луцкер Т. В., Колосніченко М. В., Остапенко Н. В., Винничук М. С. Теоретичне обґрунтування фізичної моделі опору з підвищеною точністю вимірювань. *Вісник КНУТД*. 2015. № 2. С. 131–135.
8. ДСТУ 2027 - 92 Вироби швейні й трикотажні. Терміни та визначення. [Чинний від 1993-01-01]. Київ, 1992. 21 с.
9. Вавілова Л. С., Михайлова Г. М. Особливості класифікації верхнього дитячого одягу. *Якість та безпечність товарів: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції для молодих учених та студентів (23 березня 2018 року)*. Луцьк, 2018. С. 11–12.
10. Колосніченко М. В., Процик К. Л. *Мода і одяг. Основи проектування та виробництва одягу: навчальний посібник*. Київ: КНУТД, 2011. 238 с.
11. Колесников П. А. *Теплозащитные свойства одежды*. Москва: Изд-во «Легкая индустрия», 1965. 345 с.
12. ГОСТ 12023 – 2003. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины. Москва, 2005. 10 с.
13. ДСТУ EN 12127:2009. Матеріали текстильні. Тканини. Визначення маси на одиницю площі з використанням малих проб. Київ, 2012. 8 с.
14. ГОСТ 12088 – 77 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости. Москва, 1977. 10 с.
15. ДСТУ 4057 – 2001 Матеріали текстильні. Метод ідентифікації волокон. Київ, 2001. 36 с.
16. ГОСТ 20489 – 75 Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления. Москва, 1985. 9 с.
17. Тепловое сопротивление (типа ПТС-225) МТ-380. URL: <http://usk.ua/mt-380.html>.
18. Михайлова Г. М., Форостяна Н. П. Теплозахисні властивості ковдр із об'ємними наповнювачами. *Товари і ринки*. 2016. № 1. С. 96–105.

References

1. Donchenko, S.V., Sharavina, H.O. & Rubaha, N.M. (2016). Sytuatsiinyi analiz prohozuvannia teplozakhysnykh vlastyivostei zymovoho odiahu [Situational analysis of forecasting of heat-shielding properties of winter clothes]. *Visnyk KNUVD – KNUVD Bulletin*, 6, 100-108 [in Ukrainian].
2. Kalna, M.M., Donchenko, S.V., Yalovy, V.V. & Kogut, O.O. (2015). Doslidzhennia vplyvu konstruktsiino-tekhnologichnykh parametriv komirkovoho teplozakhysnoho sharu odiahu typu «pukhovyk» na teplozakhysni vlastyivosti [Investigation of the influence of structural and technological parameters of a cell heat-shielding layer of “down jacket” type on the heat-shielding properties]. *Tekhnologii ta dyzain – Technology and design*, 2 (15). Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2015_2_3 [in Ukrainian].
3. Nazaruk, L.V. (2016). Yakist ta komfortnist dytiachoho odiahu z elementamy transformatsii [Quality and comfort of children's clothing with elements of transformation]. *Visnyk KNUVD – KNUVD Bulletin*, 3, 148-153 [in Ukrainian].
4. Vasyliieva, I.V. (2015). Rozrobka pidkhodu do stvorennia novykh form dytiachoho zymovoho odiahu metodamy dyzain-proektu [Development of the approach to the creation of new forms of children's winter clothes with the design project methods]. *Teoriia ta praktyka dyzainu. Tekhnichna estetika – Theory and practice of design. Technical aesthetics*, 8, 26-33 [in Ukrainian].
5. Kokoyanchuk, Yu.B., Troyan, O.M. & Stepanova, L.S. (2012). Obgruntuvannia vyboru paketa materialiv dlia vyhotovlennia dytiachoi kurtky-riukzaka dlia skautiv [Substantiation of the choice of a package of materials for the manufacture of children's jacket-backpack for scouts]. *Visnyk KhNU – KhNU Bulletin*, 5, 79-83 [in Ukrainian].
6. Galavska, L. E. (2012). Matematychno modeliuвання perenesennia tepla kruz tekstyl'ni materialy [Mathematical modeling of heat transfer through textile materials]. *Visnyk KNUVD – KNUVD Bulletin*, 1, 105-109 [in Ukrainian].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

7. Lutsker, T.V., Kolosnichenko, M.V., Ostapenko, N.V. & Vynnychuk, M.S. (2015). Teoretychne obgruntuvannya fizychnoi modeli oporu z pidvyshchenoiu tochnistiu vymiriuvan [Theoretical substantiation of the physical model of resistance with increased accuracy of measurements]. *Visnyk KNUTD – KNUTD Bulletin*, 2, 131-135 [in Ukrainian].
8. Vyroby shveini y trykotazhni. Terminy ta vyznachennia [Articles made of linen and knitted fabrics. Terms and definitions]. DSTU 2027-92 (January 1, 1993) [in Ukrainian].
9. Vavilova, L.S. & Mykhailova, H.M. (2018). Osoblyvosti klasyfikatsii verkhnoho dytiachoho odiahu [Features of the classification of children's outerwear]. *Yakist ta bezpechnist tovariv – Quality and safety of goods: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference for Young Scientists and Students* (March 23, 2018). (pp. 11-12). Lutsk [in Ukrainian].
10. Kolosnichenko, M.V. & Protsyk, K.L. (2011). *Moda i odiah. Osnovy proektuvannia ta vyrobnytstva odiahu [Fashion and clothing. Principles of clothes design and production]*. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
11. Kolesnikov, P.A. (1965). *Teplozashchitnye svoistva odezhdy [Heat-shielding properties of clothes]*. Moscow: "Light Industry" Publishing House [in Russian].
12. Materialy tekstilnye i izdeliia iz nikh. Metod opredeleniia tolshchiny [Textiles and textile products. Method for determination of thickness]. HOST 12023-2003 (December 1, 2005) [in Russian].
13. Materialy tekstylni. Tkanyny. Vyznachennia masy na odynysiu ploshchi z vykorystanniam malykh prob [Textiles. Fabrics. Determination of mass per unit area using small samples]. DSTU EN 12127:2009 (August 1, 2012) [in Ukrainian].
14. Materialy tekstilnye i izdeliia iz nikh. Metod opredeleniia vozdukhopronitcaemosti [Textiles and textile products. Method for determination of air permeability]. HOST 12088-77 (January 1, 1979) [in Russian].
15. Materialy tekstylni. Metod identyfikatsii volokon [Textile materials. Method of identification of fibers]. DSTU 4057-2001 (January 1, 2002) [in Ukrainian].
16. Materialy dlia odezhdy. Metod opredeleniia summarnogo teplovogo soprotivleniia [Materials for clothes. Method for determination of summary thermal resistance]. HOST 20489-75 (January 1, 1976) [in Russian].
17. Teplovoe soprotivlenie (tipa PTS-225) MT-380 [Thermal resistance (type PTS-225) MT-380]. Retrieved from <http://usk.ua/mt-380.html> [in Russian].
18. Mikhaylova, G. & Forostiana, N. (2016). Teplozakhysni vlastyvoli kovdr iz obiemnymy napovniuvachamy [Heat-protection properties of blankets with bulking fillers]. *Tovary i rynky – Commodities and markets*, 1, 96-105 [in Ukrainian].

UDC 687.13-027.267

Iraida Dudla, Olena Khrebtan

DETERMINATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE HEAT-SHIELDING PROPERTIES OF NATURAL AND SYNTHETIC FILLERS FOR CHILDREN'S OUTERWEAR PRODUCTION

Urgency of the research. *The main functional property of children's outerwear is a heat-shielding property. The research of the heat-shielding properties of natural and synthetic fillers for children's outerwear production is quite multifaceted, complex and insufficiently studied question. This is due to the fact that for the manufacture of children's outerwear new fabrics for the top and lining, as well as fillers of various materials are used.*

Target setting. *Determination of the optimal parameters of the heat-shielding properties of natural and synthetic fillers for children's outerwear production is an important task, since the greatest value of clothing is for the processes of heat exchange of the human body with the environment and to ensure normal thermoregulation.*

Actual scientific researches and issues analysis. *Considerable attention has been paid to the prediction of the heat-protective properties of winter clothing or its construction, the substantiation of the choice of a package of materials for the manufacture of children's outerwear, mathematical modelling of the heat transfer through textile materials and to the physical model of thermal resistance determination.*

Uninvestigated parts of general matters defining. *The heat-shielding properties of natural and synthetic fillers for the outerwear of children are practically not studied, and the calculations of the optimal parameters of these properties are fragmentary.*

The research objective. *to determine the optimal parameters of the heat-shielding properties of natural and synthetic fillers for children's outerwear production.*

The statement of basic materials. It was found that the heat-shielding properties of children's jackets with feather-down and synthetic textile filler depend on the type of filler, thickness, surface density and breathability of the clothing package.

Conclusions. Children's jackets with feather-down filler with a smaller thickness have the lowest level of breathability, which provides them with the best heat-shielding properties. The higher level of breathability inherent in a children's jacket with synthetic textile filler with a significantly greater thickness of the package can provide high levels of the heat-shielding properties.

Mathematical equations to determine the optimal parameters of the heat-shielding properties of natural and synthetic fillers for children's outerwear production are suggested.

Keywords: filler; children's outerwear; jackets; heat-shielding property.

Table: 2. Fig.: 4. References: 18.

Дудла Іраїда Олександрівна - доктор технічних наук, професор кафедри підприємництва та торгівлі, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Dudla Iraida – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Entrepreneurship and Trade, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: iraida.dudla@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2206-0907>

Хребтань Олена Борисівна – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Khrebtan Olena – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Technology Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: helenakhrebtah@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7296-7136>

РОЗДІЛ V. БУДІВНИЦТВО ТА ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.4

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-181-189

Євгеній Сахно, Олексій Терещук, Олег Янченко

ПРОВЕДЕННЯ ГЕОСИСТЕМНОГО МОНІТОРИНГУ ВИРУБКИ ЛІСІВ У ЧЕРНІГІВСЬКОМУ РАЙОНІ

Актуальність теми дослідження. Процес побудови сучасних систем моніторингу лісу, розвиток технічних засобів, висока періодичність, оперативність і доступність матеріалів дистанційного зондування землі дозволяють реалізувати задачі ефективного контролю сучасного навколишнього середовища. Набутий вітчизняними фахівцями досвід дозволяє використовувати результати обробки цих знімків для розрахунку зміни площ лісових масивів, визначення типів лісів, їхнього породного складу та віку переважно на регіональному рівні. Погіршення стану лісів в Україні нині є однією з найбільш актуальних проблем, вирішення якої досить ефективно відбувається з використанням сучасних систем геосистемного моніторингу навколишнього середовища.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку України постає проблема моніторингу лісів держави, оскільки в останній час збільшилися обсяги незаконних вирубок лісів, що несе загрози екології країни та підвищує рівень корупції та фінансові втрати державного бюджету. Оцінювання кількості лісів Пакульської сільської ради Чернігівської області було здійснено за період з 2000 по 2017 роки за допомогою сервісу «Global Forest Watch», а також із використанням геодезичного програмного продукту ArcMap. Після проведених вимірів можливо оцінити стан лісового комплексу досліджуваного полігону та запропонувати заходи щодо усунення виявлених проблем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі були розглянуті останні публікації з цієї теми, які представлені у відкритому доступі, включаючи наукові журнали, навчальні посібники та дані глобальної мережі Інтернет.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Процеси організації та проведення моніторингу лісів треба розглядати як єдиний інформаційний комплекс, який дає можливість оцінити стан території країни та визначити обсяги лісових насаджень і головне – незаконних вирубок, що впливатиме на екологічну та фінансову ситуацію в державі. І для запобігання негативному впливу вирубки лісів на навколишнє середовище необхідно використовувати сучасні геоінформаційні програмні комплекси, які дають можливість досить швидко та із заданою точністю оцінити масштаби лісових ділянок і прийняти рішення щодо природоохоронних заходів для ефективного господарювання в лісах України.

Постановка завдання. Для моніторингу лісових ділянок в Україні досить ефективно використовувати відкриту систему «Global Forest Watch», оскільки вона дає можливість визначити обраний полігон на певній території, але системам не дає даних по площах кожної вирубаної ділянки, тому для отримання таких параметрів пропонується використовувати програмний продукт ArcMap на основі базової карти, що дає можливість із даних атрибутивних таблиць визначити площу кожної окремої вирубної ділянки лісу.

Виклад основного матеріалу. Для проведення моніторингу лісу була обрана територія лісових насаджень площею 6200Га в Чернігівському районі Пакульської сільської ради. Моніторинг виконувався, використовуючи відкриту систему «Global Forest Watch», оскільки вона дає можливість визначити обсяги лісових насаджень на обраній території, і далі для отримання більш точних даних щодо площ лісових насаджень отримані параметри адаптувалися до програмного продукту ArcMap на основі базової карти, який дає можливість оцінити площі лісових ділянок вирубленого й посадженого лісу за обраний період часу.

Висновки відповідно до статті. На основі виконаних досліджень встановлено, що для моніторингу лісових насаджень в Україні досить ефективно використовувати відкриту систему «Global Forest Watch», яка об'єднує дані із різних джерел. Ця система допомагає визначити полігони лісу в країні та їх місцезонаування за регіонами держави. Однак для підвищення точності визначення площ ділянок вирубленого лісу і знову посадженого рекомендовано використовувати програмний комплекс ArcMap, який дає можливість підвищити ефективність моніторингу лісу і запобігти незаконним вирубкам лісових ділянок.

Ключові слова: моніторинг лісів; полігон; площа ділянки; навколишнє середовище.

Рис.: 3. Табл.: 2. Бібл.: 7.

Актуальність теми дослідження. Погіршення стану лісів в Україні на нині є однією з найбільш актуальних проблем, вирішення якої досить ефективно відбувається з використанням сучасних систем геосистемного моніторингу навколишнього середовища. Сьогодні моніторинг є інформаційною основою для вирішення широкого спектра завдань природоохоронної діяльності. Отримані в результаті спостережень дані використовуються для наукових досліджень, оцінки стану навколишнього середовища та прийняття управлінських рішень. Моніторингові дані застосовуються в географічних інформаційних системах, які дозволяють працювати з різними цифро-вими картографічними об'єктами, а також оперативно доповнювати їх новими моніторинговими даними. Розвиток технічних засобів, висока періодичність, оперативність і доступність

© Сахно Є. Ю., Терещук О. І., Янченко О. П., 2019

матеріалів дистанційного зондування дозволяють реалізувати такі задачі, які раніше можна було виконати лише на дорогих професійних апаратно-програмних комплексах. Набутий вітчизняними фахівцями досвід дозволяє використовувати результати обробки отриманих знімків для розрахунку зміни площ лісових масивів, визначення типів лісів, їхнього породного складу та віку за встановлений проміжок часу.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку держави постає проблема моніторингу лісів України, оскільки осатанім часом збільшилися обсяги незаконних вирубок лісів, що несе загрози екології країни та підвищує рівень корупції та фінансові втрати державного бюджету. Оцінку кількості лісів Пакульської сільської ради Чернігівського району було оцінено за період з 2000 по 2017 роки за допомогою сервісу «Global Forest Watch», а також із використанням геодезичного програмного комплексу ArcMap. Загальна площа лісу на досліджуваній ділянці при цьому становить 6200 Га. Після проведених вимірів можливо оцінити стан лісового комплексу досліджуваного полігону та запропонувати заходи щодо усунення виявлених проблем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [1] представлені основні концепції та принципи побудови та функціонування геодезичних інформаційних систем (ГІС). Розглянуті комп'ютерні моделі географічних об'єктів, питання збору і підготовки геодезичних даних, а також основи геопросторового аналізу. У роботі [2] узагальнено вітчизняний досвід вивчення лісових масивів України за допомогою супутникових знімків. Описано здобутки установ і організацій, де проводяться дистанційні дослідження лісовкритих територій шляхом обробки й аналізу космічної інформації. У роботі [3] досліджено стан правового регулювання відносин зі здійснення моніторингу лісів у нашій державі, виявлено недоліки та прогалини в законодавстві, яке регулює відносини в цій сфері. У роботах [4; 5] представлено задачі та основні напрями діяльності державного агентства лісових ресурсів України та оприлюднена інформація про впровадження в Україні моніторингу незаконних рубок лісів. І в роботі [6] узагальнено й систематизовано фактичний науково-практичний матеріал з охорони природних ресурсів та рекультивациі земель.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Процеси організації та проведення моніторингу лісів в Україні треба розглядати як єдиний інформаційний комплекс, який дає можливість оцінити стан території країни та визначити обсяги лісових насаджень і головне – незаконних вирубок, що впливатиме на екологічну та фінансову ситуацію в державі. Погіршення стану лісів і зменшення їхніх площ у Чернігівській області і на всій території нашої країни є великою проблемою, що викликана надмірною вирубкою, нераціональним використанням і управлінням лісовими ресурсами та неефективною організацією ведення лісового господарства. Вона вимагає термінового вирішення, і для запобігання негативного впливу вирубки лісів на навколишнє середовище необхідно віддати перевагу природоохоронному підходу до господарювання в лісах України.

Постановка завдання (цілей статті). Завданням цієї статті є моніторинг лісових ділянок Пакульської сільської ради Чернігівського району за допомогою інструментів геосистемного моніторингу навколишнього середовища. При цьому оскільки «Global Forest Watch» дає змогу визначити обраний полігон на певній території, але не дає даних по площах кожної вирубанної ділянки. Тому для отримання таких даних пропонується використовувати програмний продукт ArcMap на основі базової карти, що дає можливість із даних атрибутивних таблиць визначити площу кожної окремої вирубної ділянки лісу.

Виклад основного матеріалу. Відомо, що моніторинг навколишнього середовища являє собою інформаційну систему постійного спостереження та регулярного контролю, що проводиться за певною програмою для оцінки поточного стану навколишнього природного середовища та аналізу всіх процесів, що відбуваються в ньому в цей період. При цьому екологічний моніторинг вирішує багато завдань у галузі безпеки та при-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

родоохоронної діяльності, на підставі якої можуть бути проведені: оцінювання показників стану та функціональної цілісності навколишнього природного середовища; виявлення причин відхилення показників у стані природного середовища; оцінка наслідків зміни показників; визначення та прийняття рішень для ліквідації причин зміни стану навколишнього середовища; забезпечення завчасного попередження негативних ситуацій. Геосистемний моніторинг повинен давати оцінку антропогенного впливу на природне середовище для оцінювання та прогнозування майбутнього стану довкілля, що є масштабною багатофункціональною програмою екологічного управління. У сучасних умовах ефективно вирішення перелічених завдань відбувається із застосуванням інформаційних технологій, автоматизованого збору, обробки та подання інформації, що забезпечує якісно вищий рівень досліджень.

Створені цифрові шари об'єктів екологічного моніторингу дозволяють порівнювати та порівнювати дані про характеристики екологічного стану, отримані в результаті вимірювань або спостережень. Дані заносяться у відповідні поля атрибутивної таблиці та можуть використовуватись для автоматизованого опрацювання. Можна виділити такі джерела отримання даних за способом збору і наповнення атрибутивних таблиць геоінформаційних систем як пошук та впорядкування наявних даних та накопичення даних під час виконання незалежних досліджень. При цьому вибір формату подання даних є важливим елементом у системах, що інтегрують різномірну інформацію з різних джерел. Найбільші обсяги неперервного відбору даних із достатньою надійністю забезпечують технології автоматизованої їх реєстрації. Наприклад, супутниковий знімок Європи, який поновлюється щогодини, розміщено в мережі Інтернет. Зображення періодично одержують за програмою, яку запускає системна служба сервера *gson*, за цими знімками відслідковують динаміку переміщення повітряних мас, що необхідно, наприклад, для вивчення процесів перенесення забруднень, дослідження та прогнозування шляхів та періоду міграції птахів. В автоматичному режимі одержують також результати вимірювання характеристик стану ґрунту. Дані в текстовому форматі передаються щогодини на визначений FTP-сервер за протоколом GPRS, використовуючи послуги оператора мобільного зв'язку [1]. Геоінформаційна система спрощує процедуру моніторингу та представлення різних видів картографічної продукції. За допомогою вбудованої мови програмного забезпечення (наприклад, ARC / INFO ARC Macro Language (AML)) можна написати програми автоматичного створення будь-яких типів друкованих карт, графіків, діаграм та таблиць. Крім того, прості програмні продукти (наприклад, ArcView GIS) дозволяють переглядати та безпосередньо оперувати з даними, що містяться в базі даних геоінформаційної системи.

Згідно зі статистикою організації Глобального моніторингу лісів, за останні 15 років Україна втратила майже 500 тис. га лісу. З 2015 року, коли у країні був введений мораторій на експорт лісу-сировини, як не парадоксально звучить, показники вирубки лісів масово збільшилися. За оцінками деяких фахівців протягом 2016 року в Україні було вирубано 16,4 млн м³ деревини, з них 8-9 млн м³ легально.

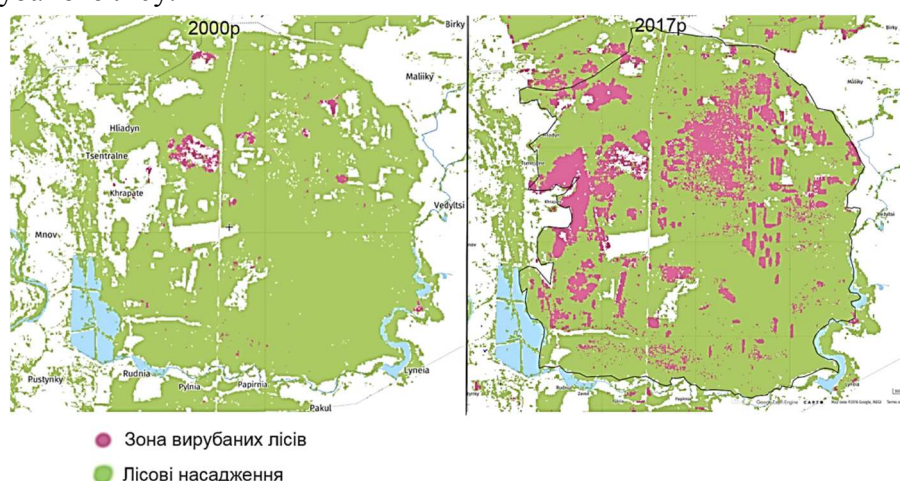
Для контролю лісів в Україні молода команда з Києва створила унікальний стартап «Znaudeno», який може проводити моніторинг вирубки лісів та оперативно сповіщати про це. Таким чином, контролюючі органи, громадськість, активісти та журналісти зможуть відслідковувати вирубки та встановити їхні правові аспекти. Сервіс «Znaudeno» порівнює кадастрові дані та дані меж лісових господарств із супутниковими даними та на геопорталі демонструє, де відбувається незаконна вирубка. Визначення точного місця вирубки визначають дрони, які фіксують факти злочинів. Крім моніторингу та контролю вирубок лісів, проект визначає місця несанкціонованої утилізації сміття та порушення меж використання земель (захоплення історичних земель, розорення берегової лінії і т. ін.). Також проект спрощує роботу аграріїв і дає змогу проводити моніторинг стану посівів. Моніторинг вирубок лісів, у тому числі незаконних, до-

статньо ефективно можна проводити із використанням даних із відомих джерел масової інформації. Насамперед Міністерство екології та природних ресурсів України дає можливість ознайомитися із відкритою системою «Global Forest Watch», яка агрегує дані з різних джерел. Система дозволяє масштабувати карту до конкретної вирубки, експортувати дані в поширених форматах для подальшої їх обробки [4; 5].

Загальновідомо, що Україна є одним із найбільших експортерів лісу в Європі. При цьому частина його обсягу вивозиться за кордон незаконно. Це велика проблема, адже при таких умовах господарювання ця галузь є дуже привабливою для зловживань та порушень. В Україні досі не запроваджена європейська система обліку деревини, яка передбачає контроль від моменту висадки лісу, до його переробки в меблі чи паркет. Це дає змогу масово рубати ліс із порушенням міжнародних норм і потім експортувати його цілком легально.

Відомо, що Чернігівська область є однією з найбільших на Україні за територією, і серед областей посідає друге місце після Одеської. Має своєрідні природні ландшафти, досить поширені біологічні різновиди. Загальна площа земель лісового фонду становить 738,3 тис. га. Із них близько 659 тис. га (89,3 %) – вкриті лісовою рослинністю землі, що становить 20,7 % від загальної площі області. Насадження області за віковими групами представлені таким чином: молодняки – 97,9 тис. га (14,8 %); середньовікові – 305,6 тис. га (46,3 %); пристигаючі – 182,6 тис. га (26,2 %); стиглі й перестійні – 73,2 тис. га (12,7 %). Загальний запас деревостанів становить 151,2 млн м³. Породний склад лісів Чернігівщини поділяється так: сосна – 57,8 %; дуб – 15,3 %; береза – 11,6 %; інші деревні породи та чагарники – 15,3 %. Чернігівська область розташована в межах поліської та лісостепової зон Придніпровської низовини. На півночі області переважають змішані ліси (68 % території області) і лише на півдні зустрічаються ділянки лісостепу. При цьому оцінювання якості збереження рослин рекомендується здійснювати, використовуючи методику, яка наведена в роботі [7].

Метою цього дослідження є визначення кількості лісів, яку було вирубано за період з 2000 по 2017 роки. За допомогою сервісу «Global Forest Watch» обрана територія в Чернігівському районі поблизу с. Пакуль для проведення моніторингу вирубки лісу. Загальна площа лісу на цій ділянці становить 9860 Га. Нижче (рис. 1) наведена карта зміни лісового покриву за 2001-2017 роки, яка взята із цього сайту і де відображено площу вирубаного лісу.



a

Рис. 1. Моніторинг лісу в Чернігівському районі поблизу с. Пакуль за допомогою сервісу «Global Forest Watch»:

a – порівняння карт лісів 2000 та 2017 років; б– графік моніторингу кількості вирубки лісів від 2000 до 2017 років; в– відношення вирубаних і посаджених лісів до загальної площі

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

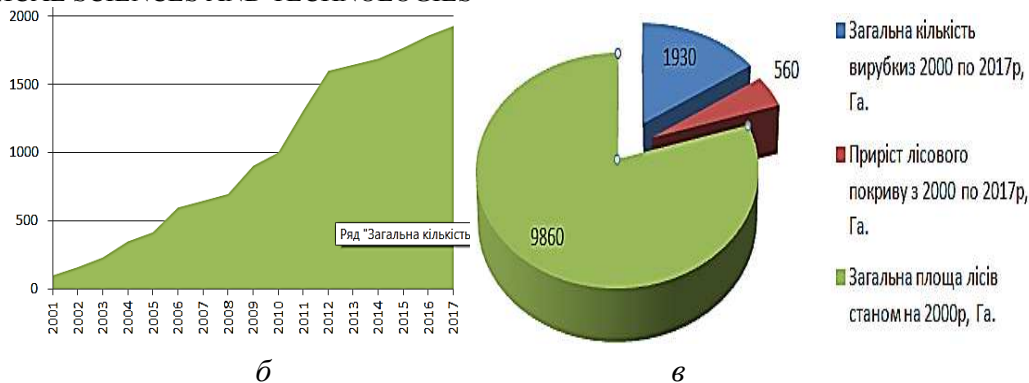


Рис. 1, аркуш 2

У табл. 1 наведені зведені дані щодо вирубаних лісів на обраному полігоні.

Таблица 1

Зведена таблиця моніторингу кількості площі вирубаних лісів

№ П/П	Назва місцевості лісу	Загальна площа лісів станом на 2000р, Га.	Роки досліджень з 2000 по ...	Моніторинг Кількості вирубки лісу за 1рік, Га.	Моніторинг Загальної кількості вирубки, Га.	Відсоткова частка від загальної кількості лісів. %	Моніторинг приросту лісового покриву з 2000 по 2017р, Га.
1	Ділянка лісу в Чернігівському районі біля с.Пакуль	9860	2001	98	98	1	560
2			2002	61	159	1,61	
3			2003	71	230	2,33	
4			2004	118	348	3,53	
5			2005	67	415	4,21	
6			2006	249	597	6,05	
7			2007	49	646	6,55	
8			2008	50	696	7,06	
9			2009	207	903	9,16	
10			2010	97,02	1 000,02	10,14	
11			2011	309,8	1 310	13,29	
12			2012	290	1 600	16,23	
13			2013	45	1 645	16,88	
14			2014	45	1 690	17,14	
15			2015	80	1 770	17,95	
16			2016	90	1 860	18,86	
17			2017	70	1 930	19,57	

Для проведення дослідів з рис. 1 оберемо окрему лісову ділянку і для неї розрахуємо площі вирублених і відновлених лісових масивів. Тому об'єктом дослідження в даній роботі є територія лісових насаджень прощею 6200 Га в Чернігівському районі Пакульської сільської ради (рис. 2), де червоним кольором відображений вирубаний ліс, а синім приріст його площі.

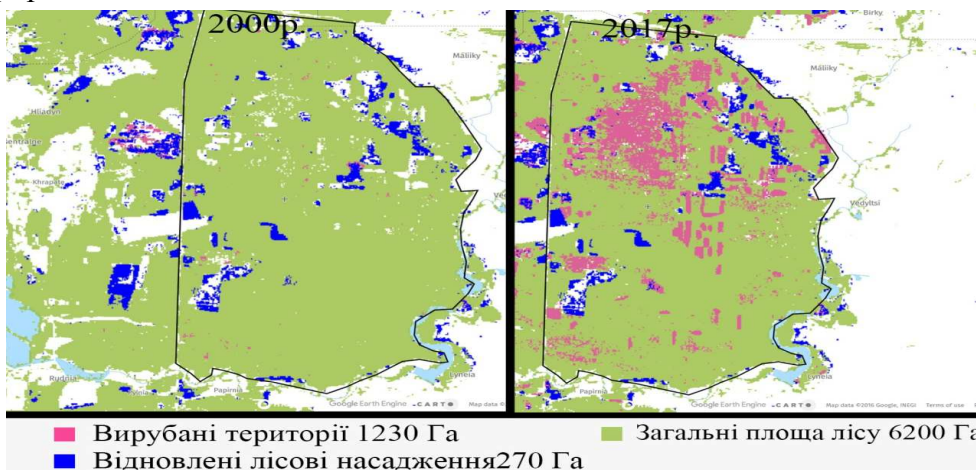


Рис. 2. Моніторинг лісу на обраній дослідній ділянці за 2000 та 2017 роки

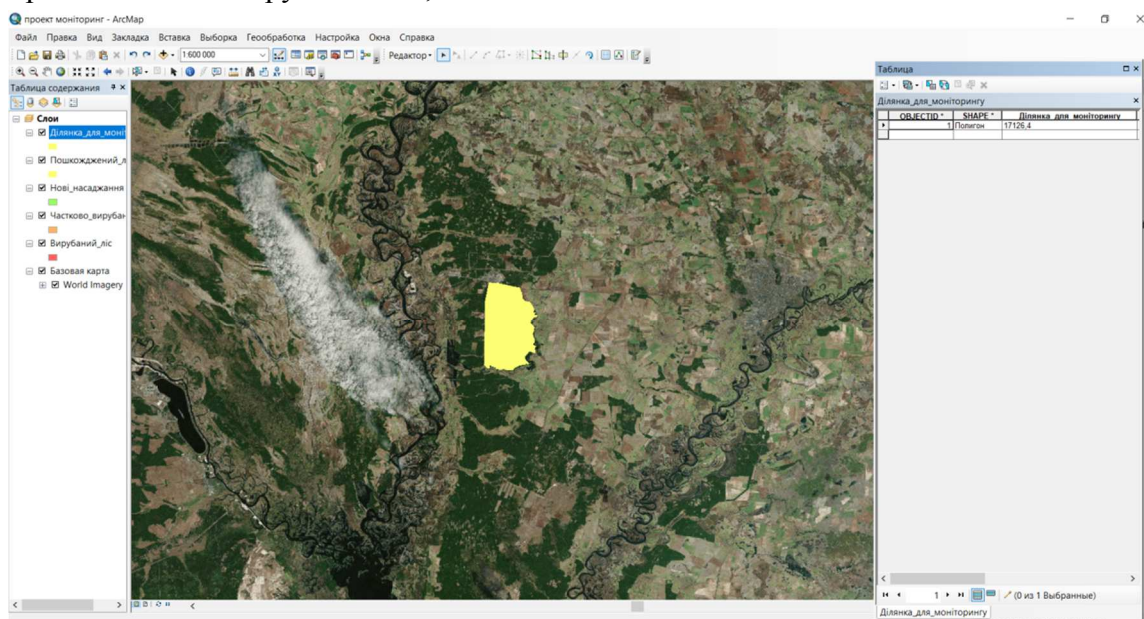
У табл. 2 наведено зведені дані зміни лісових насаджень обраної лісової ділянки.

Таблиця 2

Зведена таблиця моніторингу кількості площі вирубаних лісів

№ П/П	Назва місцевості лісу	Загальна площа лісів станом на 2000р, Га.	Роки досліджень з 2000 по ...	Моніторинг Загальної кількості вирубки, Га.	Моніторинг Кількості вирубки лісу за 1рік, Га.	Відсоткова частка від загальної кількості лісів. %	Моніторинг приросту лісового покриття з 2000 по 2013р, Га.
1	Ділянка лісу в Чернігівському районі біля с.Пакуль	6200	2001	60	60	0,96	270
2			2002	93	33	1,5	
3			2003	132	39	2,12	
4			2004	162	30	2,61	
5			2005	202	44	3,25	
6			2006	221	18	3,87	
7			2007	240	19	6,55	
8			2008	306	66	5,83	
9			2009	362	56	9,16	
10			2010	611	49,00	9,85	
11			2011	885	274	14,27	
12			2012	918	33	14,8	
13			2013	945	27	15,24	
14			2014	1001	56	16,15	
15			2015	1070	69	17,25	
16			2016	1160	90	18,7	
17			2017	1230	70	19,57	

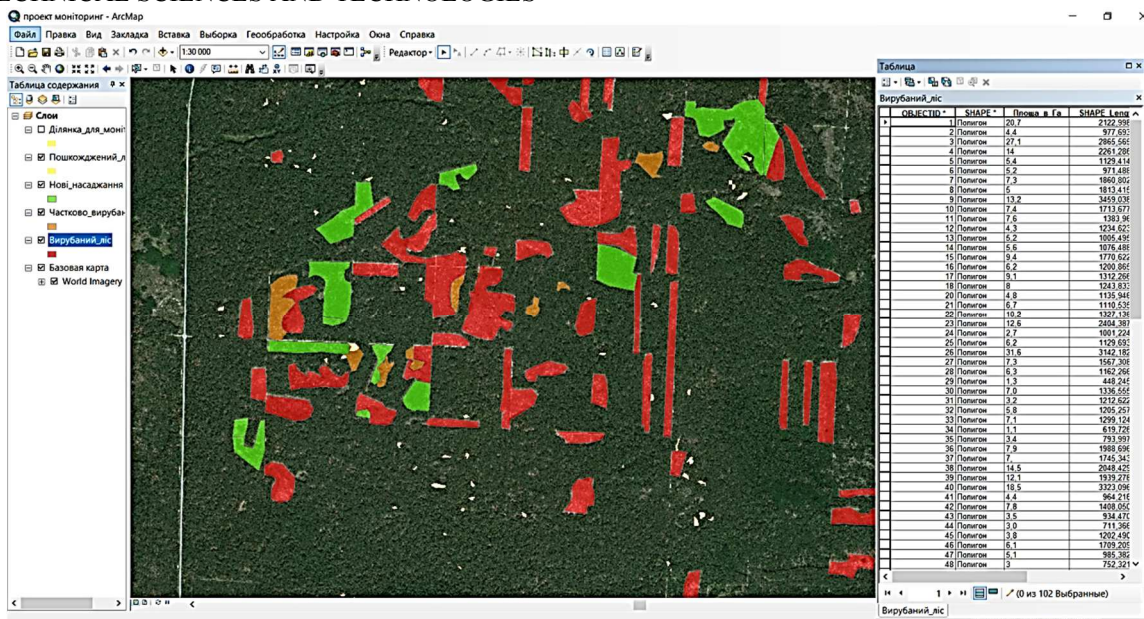
Використовуючи «Global Forest Watch», було встановлено, що сервіс дає можливість визначити обрану ділянку на певній території, але не дає даних по площі кожної досліджуваної ділянки. Щоб отримати такі дані, були побудовані всі полігони окремо в програмному продукті ArcMap на основі базової карти, що дає можливість із даних атрибутивних таблиць дізнатися площу кожної окремої вирубної ділянки лісу з заданою точністю. Порядок проведення дослідів такий: спочатку до програми додаємо базову карту, потім через вікно каталогу створюємо нову файлову базу даних, в яку додається клас просторових об'єктів (рис. 3, а). У меню каталог обираємо полігон та створюємо слої з ділянками. Проводимо аналіз досліджуваної території з ділянками лісу та отримуємо виміри площ полігонів вирубного лісу, що показано на рис. 3, б де червоним кольором виділений вирубаний ліс, зеленим нові насадження.



а

Рис. 3. Моніторинг лісу в програмному комплексі ArcMap:

а – створення просторового об'єкта; б – площі полігонів вирубленого і посадженого лісу



б

Рис. 3, аркуш 2

З рисунку на рис 3, б видно, що площа вирублених лісів значно перевищує площу знов посаджених і це відношення становитиме приблизно 1:3. Після проведення вимірів можна сказати, що за останні 17 років на цій території було вирубано близько 20 % лісів.

Висновки відповідно до статті. На основі виконаних досліджень встановлено, що для моніторингу лісових насаджень в Україні досить ефективно використовувати відкрити систему «Global Forest Watch», яка агрегує дані з різних джерел. Ця система допомагає визначити полігони лісу в країні та їх місцерозташування за регіонами держави. Однак для підвищення точності визначення площ ділянок вирубленого лісу і знову посаженого рекомендовано використовувати програмний комплекс ArcMap, який дає можливість підвищити ефективність моніторингу лісу і запобігти незаконним вирубкам лісових ділянок.

Список використаних джерел

1. Шипулін В. Д. Основні принципи геoinформаційних систем. Харків: ХНАМГ, 2012. 312 с.
2. Жолобак Г. М. Вітчизняний досвід супутникового моніторингу лісових масивів України. *Космічна наука і технологія*. 2010. Т. 16, № 3. С. 46–54.
3. Позняк Е. В. Правовк регулювання моніторингу лісів в Україні з урахуванням міжнародних та європейських тенденцій. *Часопис Київського університету права*. 2015. № 4. С. 247–251.
4. Лісове Господарство України 2015 / Державне агентство лісових ресурсів України. Київ, 2015. 18 с. URL: http://dklg.kmu.gov.ua/forest/document/118552;/Brosura_DALR_2015_web.pdf.
5. Моніторинг лісу. URL: <http://www.eco-initiatives.org.ua/page/cherhovij-kosmichnij-monitoring-lisu>.
6. Надточій П. П., Мислива Т. М. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивация земель: навч. посіб. Житомир: Видавництво «Державний агроекологічний університет», 2007. 420 с.
7. Шатохіна Ю. В., Сахно Є. Ю., Сіра К. О. Забезпечення якості процесу збереження рослини *Allium Ursinum*. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 3/4(24). С. 51–55.

References

1. Shipulin, V. D. (2012). *Osnovni pryntsyppy geoinformatsiinykh system [Basic principles of geoinformation]*. Kharkiv: KNAME [in Ukrainian].

2. Golabek, G. M. (2010). Vitchyzniani dosvid suputnykovoho monitorynhu lisovykh masyviv Ukrainy [Domestic experience of satellite monitoring of forests in Ukraine]. *Kosmichna nauka i tekhnolohiia – Space science and technology*, 3, 46–54 [in Ukrainian].

3. Pozniak, E. V. (2015). Pravovk rehuliuвання monitorynhu lisiv v Ukraini z urakhuvanniam mizhnarodnykh ta yevropeiskykh tendentsii [Legal regulation of forest monitoring in Ukraine taking into account international and European trends]. *Chasopys Kyivskogo universytetu prava – Journal of Kyiv University of law*, 4, 247–251 [in Ukrainian].

4. Lisove Gospodarstvo Ukrayiny [Forestry Of Ukraine]. *dklg.kmu.gov.ua*. Retrieved from http://dklg.kmu.gov.ua/forest/document/118552/Brosura_DALR_2015_web.pdf.

5. *Monitoryng lisu [Forest monitoring]*. Retrieved from <http://www.eco-initiatives.org.ua/page/cherhovij-kosmichnij-monitoring-lisu>.

6. Nadtochii, P. P., Myslyva, T. M. (2007). *Okhorona ta ratsionalne vykorystannia pryrodnykh resursiv i rekultyvatsiia zemel [Protection and rational use of natural resources and land reclamation]*. Zhytomyr: State agroecological University [in Ukrainian].

7. Shatokhina, Yu. V., Sakhno, E. Yu., Sira, K. O. (2015). Zabezpechennia yakosti procesu zberezhenia roslyny Allium Ursinum [The quality assurance process to preserve the plants Allium ursinum to be supplied]. *Tekhnologicheskyyi audit i rezervy proizvodstva – Technology audit and production reserves*, 3/4, 51–55 [in Ukrainian].

UDC 528.4

Yevgeny Sakhno, Oleksii Tereshchuk, Oleg Yanchenko

GEOSYSTEM MONITORING OF DEFORESTATION IN THE CHERNIHIV REGION

Urgency of the research. The process of constructing modern forest monitoring systems, the development of technical facilities, high frequency, efficiency and availability of remote sensing materials allow realize the tasks the tasks of effective control of the modern environment. The experience gained by domestic experts allows us to use the results of processing these images to calculate changes in forest areas, determining the types of forests, their species composition and age mainly at the regional level. The deterioration of forests in Ukraine today is one of the most pressing problems, the solution of which is quite effective with the use of modern systems of geosystem environmental monitoring.

Target setting. At the current stage of Ukraine's development, there is a problem of monitoring the country's forests, since at the same time, illegal deforestation has increased, which carries threats to the country's ecology and increases the level of corruption and financial losses of the state budget. The estimation of the number of forests of the Pukul village council of Chernihiv oblast was estimated from 2000 to 2017 using the Global Forest Watch service as well as using the ArcMap geodetic software product. After the performed measurements, it is possible to estimate the state of the forest complex of the research site and to propose measures for elimination of the revealed problems.

Actual scientific researches and issues analysis. The latest publications on this topic, which are presented in open access, including scientific journals, study guides and data from the global Internet network, were reviewed.

Uninvestigated parts of general matters defining. The processes of organization and monitoring of forests should be considered as a single information complex, which makes it possible to assess the state of the country and determine the size of forest plantations and, most importantly, illegal logging, which will affect the environmental and financial situation in the state. And in order to prevent the negative impact of deforestation on the environment, it is necessary to use modern geoinformation software complexes, which allow to estimate the scale of forest areas fairly quickly and precisely and to decide on environmental measures for effective management in forests of Ukraine.

The research objective. It is quite effective to use the open system of "Global Forest Watch" for monitoring of forest areas in Ukraine because it enables to determine the chosen site in a certain territory, but the systems do not give data on the areas of each cut area, therefore to get such parameters it is suggested to use the software ArcMap on the basis base map, which enables the data from attribute tables to determine the area of each individual cutting area of the forest.

The statement of basic materials. The area of forest plantations with an area of 6200 ha was chosen for forest monitoring in the Chernihiv district of the Pukulsky village council. The monitoring was carried out using the open system "Global Forest Watch", since it enables to determine the amount of forest plantations in the selected area, and then for obtaining more accurate data on the area of forest plantations, the parameters were adapted to the ArcMap software based on the base map, which makes it possible to estimate the area forest areas of cut and planted forest for the selected period of time.

Conclusions. Based on the performed researches, it was established that for monitoring of forest plantations in Ukraine it is quite effective to use the open system "Global Forest Watch", which combines data from different sources. This system helps to determine forest areas in the country and their location in the regions of the state. However, in order to improve the accuracy of determining the areas of cuttings and re-planted, it is recommended to use the ArcMap software package, which enables to increase the monitoring of the forest and prevent illegal felling of forest areas.

Keywords: monitoring of forests, land fill, land area, environment.

Fig.: 3. Table: 2. References: 7.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Сахно Євгеній Юрійович – доктор технічних наук, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Sakhno Evgeniy – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: evsakhno@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9789-7242>

Researcher ID: M-3987-2016

Терещук Олексій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, директор навчально-наукового інституту будівництва, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Tereshchuk Oleksii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Educational and Scientific Institute of Construction, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (4 Bielova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: olexter1957@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6433-9351>

Researcher ID: M-3987-2016

Янченко Олег Петрович – студент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Yanchenko Oleg – student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: o-yanchenko@mail.ua

УДК 528.001+681.518

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-190-196

Владислав Смілка

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ МІСТОБУДІВНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Актуальність теми дослідження. Суб'єкти містобудівної діяльності при прийнятті рішень у межах своєї компетенції постають перед проблемою актуальності даних про екологічний стан середовища, відсутності даних тематичних кадастрів та моніторингів.

Постановка проблеми. Необхідно на місцевому рівні управління розробити комплексну моніторингову систему, яка інтегрує дані тематичних моніторингів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчені останні публікації у відкритому доступі щодо удосконалення функціональних моделей тематичних моніторингів та автоматизації контролю та оцінювання якості геопросторових даних.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проблема розроблення геоінформаційної системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів, що інтегрує інформаційні ресурси моніторингу довкілля, моніторингу земель та містобудівного моніторингу, детально не досліджувалась.

Постановка завдання. Одним із процесів життєвого циклу системи на етапі планування є визначення її функцій та побудова функціональної моделі.

Виклад основного матеріалу. Побудована IDEF функціональна модель системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів відображає процес моніторингу у вигляді послідовності взаємозв'язаних функцій від збору даних до отримання результатів спостережень.

Висновки відповідно до статті. Містобудівний моніторинг земель населених пунктів треба розглядати як комплексну систему підтримки прийняття управлінських рішень розвитку населеного пункту, що опрацьовує набори відомостей та показників. Результати моніторингу необхідно враховувати в землекористуванні та містобудуванні, а також під час розроблення містобудівної документації та програм соціально-економічного розвитку. Функціональна модель системи, яка наведена в цій праці, дозволяє зрозуміти взаємозв'язок усіх її складових та дає цілісне уявлення про роботу системи.

Ключові слова: містобудівний моніторинг земель; населений пункт; методика; функціональна модель; система.

Рис.: 2. Бібл.: 15.

Актуальність теми дослідження. Сучасне містобудівне та земельне планування спрямоване на пошук кращих умов для здоров'я та безпеки людей, економічного розвитку для громади. Зважені управлінські рішення можуть прийматись на основі паралельного залучення знань із таких галузей: екологія, містобудування, землевпорядкування, теорія управління. Об'єднання знань у цілісний інформаційний ресурс може забезпечити система моніторингу на місцевому рівні, саме на рівні прийняття управлінських рішень, де перетинаються діаметрально протилежні інтереси багаточільових груп та організаційних структур.

Постановка проблеми. Моніторинг земель населених пунктів є одним з основних видів моніторингу навколишнього середовища, оскільки його цільовими показниками є безпека життя та потреби людини, на які впливають економічні, технологічні, екологічні та інші фактори.

Розвиток дистанційних та цифрових технологій спостереження за геопросторовими об'єктами дозволив розглядати можливість створення комплексної системи моніторингу в населених пунктах, яка передбачає об'єднання інформаційних ресурсів моніторингу довкілля, моніторингу земель та містобудівного моніторингу. Інтеграція інформаційних ресурсів систем на місцевому рівні сприятиме вирішенню такого важливого завдання моніторингової діяльності в населеному пункті, як комбінація тематичних напрямків спостереження за об'єктами в єдиній системі для сприяння в прийнятті управлінських рішень на основі різногалузевих знань.

Одним із процесів життєвого циклу системи на етапі планування є визначення її функцій та побудова функціональної моделі. Ці процеси дуже важливі, оскільки вони закладають фундамент роботи системи, а помилки функціональної моделі суттєво впливають на роботу системи та одержання кінцевих результатів, що й обумовлює актуальність цього дослідження.

Функції системи – це правило одержання результатів, запропонованих метою (призначенням) системи. Кожен елемент системи виконує роль для успішного функціонування та об'єднання елементів у цілісну систему [1].

© Смілка В. А., 2019

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У публікаціях із проблеми розроблення систем спостереження за геопросторовими об'єктами останніми роками висвітлюються результати досліджень за такими основними напрямками:

- удосконалення функціональних моделей тематичних моніторингів [2–4];
- автоматизація контролю та оцінювання якості геопросторових даних [5–7].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Питання розроблення комплексної системи моніторингу в населених пунктах розглядались з погляду організаційно-методичного апарату [8]. Проблема розроблення геоінформаційної системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів, що інтегрує інформаційні ресурси моніторингу довкілля, моніторингу земель та містобудівного моніторингу, детально не досліджувалась.

Мета статті. Розглянути метод розроблення функціональної моделі містобудівного моніторингу земель населених пунктів із використанням технологій побудови моделей складних систем. Дослідження проводиться із застосуванням системного аналізу шляхом систематизації і виявлення закономірностей функціонування складних систем, а також декомпозиції досліджуваних проблем на складові частини при збереженні їх цілісності.

Виклад основного матеріалу. Комплексна система містобудівного моніторингу земель населеного пункту передбачає систематичну діяльність за спостереженням, аналізом, дослідженням об'єктів моніторингу довкілля, моніторингу земель та містобудівного моніторингу.

З метою визначення інтеграційних чинників інформаційних систем проведено аналіз нормативного забезпечення галузевих складових комплексної системи моніторингу.

Для отримання необхідних уявлень щодо реального стану елементів екосистеми на початку 70-х років ХХ століття на конференції ООН з охорони навколишнього середовища (Стокгольм, 5–16 червня 1972 р.) було запропоновано організувати систему повторних спеціальних спостережень за навколишнім природним середовищем у просторі та часі за спеціально підготовленою програмою. Тоді вперше з'явився термін «моніторинг» (від англ. monitoring – той, що спостерігає, наглядає, нагадує). Таке визначення системи моніторингу було запропоновано Р. Манном [9; 10].

Наукові засади здійснення системи моніторингу в умовах колишнього СРСР було розроблено І. П. Герасимовим та Ю. А. Израелем. Відповідно до їхніх концепцій системи моніторингу, у порівнянні з первинним визначенням за Р. Манном, було доповнено важливим елементом, а саме, урахуванням антропогенних факторів впливу на зміни стану навколишнього природного середовища [11]. З часів свого утворення, у міру ускладнення екологічних проблем, система моніторингу довкілля незмінно удосконалювалась та трансформувалась. Цей процес продовжується і по цей час.

Згідно з Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-ХІІ з метою забезпечення збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень в Україні створюється система державного моніторингу навколишнього природного середовища. На виконання цієї тези Кабінетом Міністрів України прийнято Положення про державну систему моніторингу довкілля.

Об'єкти моніторингу можна поєднати в такі три основні групи: навколишнє природне середовище; біота, населення; джерела та фактори антропогенного впливу. Уперше ведення моніторингу земель в Україні було передбачено Земельним кодексом 1990 року. А фактично систематичні спостереження за станом земель розпочали здійснюватися після затвердження постановою Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 № 661 Положення про моніторинг земель.

Сучасне визначення моніторингу земель наведено в статті 191 Земельного кодексу України, прийнятого у 2002 році. Моніторинг земель є системою спостережень за станом земель, яка має на меті своєчасне виявлення змін у стані земель, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів. Моніторинг земель є складовою частиною державної

системи моніторингу довкілля. У Законі України «Про охорону земель» від 19.06.2003 № 962 уточнюються завдання моніторингу земель та додаються функції зі спостереження за ґрунтами. Моніторинг земель і ґрунтів проводиться з метою своєчасного виявлення зміни стану земель та властивостей ґрунтів, оцінки здійснення заходів щодо охорони земель, попередження впливу негативних процесів і ліквідації наслідків цього впливу.

Згодом відбувається деталізація правового регулювання моніторингу земель. Так, Міністерство аграрної політики України своїм наказом від 26.02.2004 № 383/8982 затвердило Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення. Наказом Державного комітету України по водному господарству від 16.04.2008 № 108 затверджена Інструкція з організації та здійснення моніторингу зрошувальних та осушувальних земель.

У сфері містобудування та архітектури поняття містобудівний моніторинг введено із прийняттям Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» у 2011 році. Але фактично поняття «моніторинг» траплялось у вітчизняній сфері містобудування та архітектури й раніше, зокрема в нормативно-правових актах та вузькофакховій науково-методичній літературі. Так, вперше в Україні поняття моніторинг згадується з 1992 року у Законі України «Про основи містобудування», який чинний на сьогодні. Статтею 13 цього Закону визначено компетенцію місцевих державних адміністрацій у сфері містобудування, до яких належать прийняття рішень щодо моніторингу забудови й іншого використання території. Але тлумачення поняття моніторингу забудови та порядок його ведення не визначено.

Новий розвиток термінологічного апарату в сфері містобудування та архітектури відбувся з прийняттям Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності». У статті 23 цього Закону розкрито поняття містобудівного моніторингу, який є системою спостережень, оцінки та прогнозу стану і змін об'єктів містобудування, що проводяться відповідно до вимог містобудівної документації та спрямовані на забезпечення сталого розвитку територій з урахуванням державних і громадських інтересів. Наказом Міністерства регіонального розвитку та житлово-комунального господарства України від 01.09.2011 № 170 затверджено порядок проведення містобудівного моніторингу.

Інтеграційною основою об'єднання інформаційних ресурсів моніторингу довкілля, моніторингу земель та містобудівного моніторингу в складі комплексної системи моніторингу в населених пунктах є:

- обмежене у просторі та часі розташування об'єктів спостереження галузевих моніторингу;
- перетин множин об'єктів спостережень галузевих моніторингу;
- ідентичність внутрішніх процесів моніторингу при обробленні первинних даних на місцевому рівні систем галузевих моніторингу.

Процес створення комплексної системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів як інформаційної системи нормується, зокрема, міжнародним стандартом ISO/IEC 15288:2008 System and software engineering – System life cycle processes (Системна та програмна інженерія – процеси життєвого циклу системи) [12]. Стандарт орієнтований на сприйняття програмно-апаратної системи як цілого. Пропонує етапність структури життєвого циклу системи у вигляді набору груп процесів, де для кожного процесу наведено набори необхідних результатів [13].

Для вирішення завдань розроблення геопросторових інформаційних систем використовують методи системного аналізу. Виконати такий аналіз допомагають спеціальні програмні продукти, відомі як CASE – технології, які охоплюють процеси аналізу складних організаційних і технічних систем. Одним із напрямків таких технологій є методологія структурного аналізу та проектування – SADT методологія (Structured Analysis and Design Technique). У 90-х роках ХХ сторіччя прийняті міжнародні стандарти з використання SADT – технологій та побудови моделей складних систем, відомих як IDEF-моделі (Icam DEFinition), орієнтованих на опис функцій системи (функціональних моделей) [14]. Ці моделі застосовують для аналізу бізнес-процесів, розроблення стратегічних напрямків

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

розвитку галузей та ін. Вказані технології характеризуються: чіткою мовою опису систем, що має універсальний характер; використанням комп'ютерної техніки; стандартизацією; регламентацією всіх етапів виконання аналізу – від постановки проблеми до кінцевого продукту та його впровадження у практичну діяльність [14].

Функціональна модель IDEF0 є сукупністю блоків, кожен з яких є «чорною скринню» з входами і виходами, управлінням та механізмами, які в подальшому деталізуються (декомпонуються) до необхідного рівня. З'єднуються функції між собою за допомогою стрілок і описів функціональних блоків. При цьому кожен вид стрілки або активності має власне значення. Ця модель дозволяє описати всі основні види процесів, як адміністративні, так і організаційні [15].

Стрілки можуть бути: вхідні – ставлять певне завдання; вихідні – виводять результат діяльності; керуючі (зверху–вниз) – визначають нормативно-методичне забезпечення (положення, інструкції тощо); механізм (від низу до верху) – вказують суб'єкт виконання роботи (послуги) [15].

Функціональна модель системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів відображає процес моніторингу у вигляді послідовності взаємозв'язаних функцій від збору даних до отримання результатів спостережень. Контекстна (узагальнена) модель системи наведена на рис. 1.

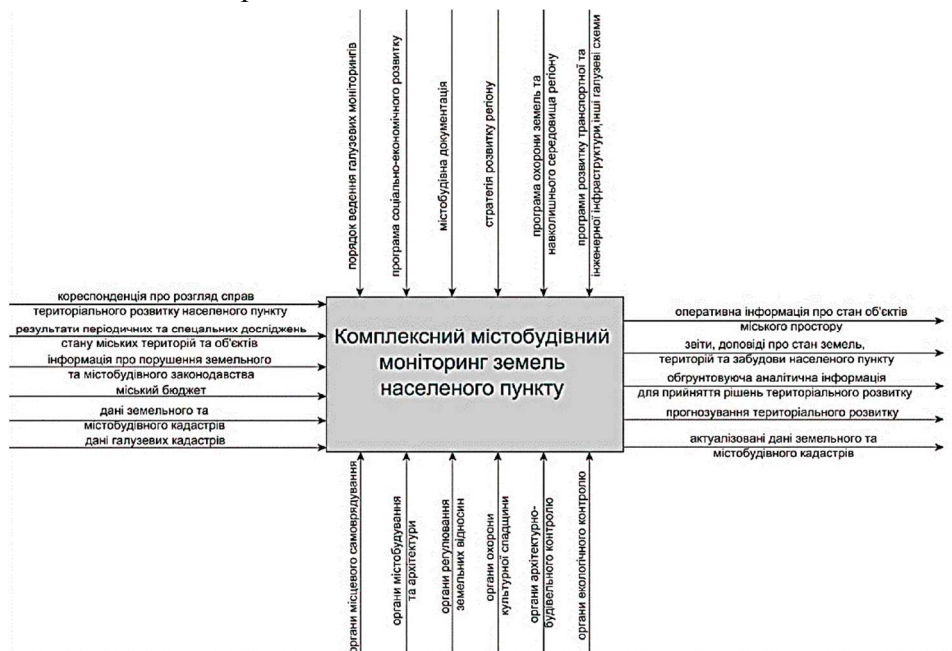


Рис. 1. Контекстна IDEF0 діаграма містобудівного моніторингу земель населених пунктів

Як вхідні дані системи виступають результати спеціалізованих досліджень, матеріали кореспонденції, поточні справи для опрацювання в межах компетенції підрозділів органів містобудування та архітектури, а також органів регулювання земельних відносин. Вихідні результати – це результати галузевих моніторингів та геопросторові дані, сформовані за результатами прийняття управлінських рішень для внесення у відомчі кадастри. Керуючі документи – розпорядчі та регуляторні документи моніторингової діяльності та розвитку населеного пункту. Механізми – перелік суб'єктів (органів), що здійснюють опрацювання вхідної інформації та використовують у своїй діяльності результати моніторингу.

Опис системи, наведений на контекстній діаграмі верхнього рівня, може бути деталізований (декомпонований) на основні підфункції за допомогою створення дочірньої діаграми наступного, більш низького рівня, на якій деякі або всі функції також можуть бути розкладені на складові частини. Кожна дочірня діаграма містить блоки і стрілки, що забезпечують додаткову деталізацію батьківського блока [14].

Декомпована контекстна діаграма наведена на рис. 2 у вигляді функціональної моделі містобудівного моніторингу земель населених пунктів.

Наведена функціональна модель може бути декомпована на нижчі рівні залежно від поставленої мети моделювання проблеми.

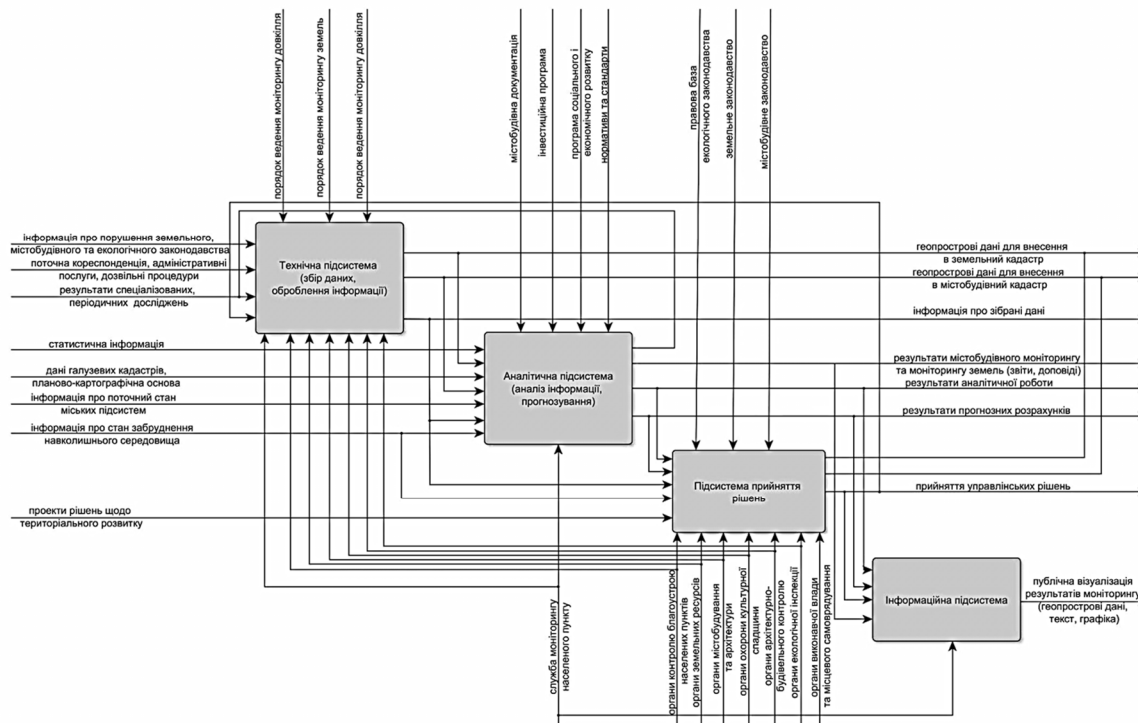


Рис. 2. Функціональна модель містобудівного моніторингу земель населених пунктів

Побудована функціональна модель підлягає перевірці за такими ознаками: забезпечення достатньою інформацією функціональних підсистем; наявність зворотних зв'язків; керованість системи.

У запропонованій моделі інформаційні потоки охоплюють усі підсистеми. Зворотні зв'язки в системі моніторингу здійснюються через галузеві кадастри, зокрема земельного та містобудівного кадастрів, а також через збір статистичної інформації. Управління системи відбувається за допомогою підсистеми прийняття рішень.

Спостереження в населених пунктах за об'єктами моніторингу здійснюється в межах єдиного просторового базису, частково за тими ж самими об'єктами. Внутрішні процеси галузевих моніторингів ідентичні між собою. У зв'язку з вищевикладеним запропоновано на місцевому рівні державних систем об'єднати інформаційні ресурси галузевих моніторингів, які здійснюють спостереження за геопросторовими об'єктами, зокрема моніторинг довкілля, моніторинг земель та містобудівний моніторинг. Інтеграція інформаційних ресурсів дозволить уникнути дублювання інформації, вирішить проблему відсутності різногалузевої інформації при прийнятті управлінських рішень, а також сприятиме економії фінансових, матеріальних та трудових ресурсів для підтримки єдиної моніторингової служби в межах населеного пункту.

Висновки відповідно до статті. Містобудівний моніторинг земель населених пунктів треба розглядати як комплексну систему підтримки прийняття управлінських рішень для населеного пункту, що опрацьовує набір відомостей та показників, а результати моніторингу необхідно враховувати в землекористуванні та містобудуванні, а також під час розроблення містобудівної документації та програм соціально-економічного розвитку. Функціональна модель системи, яка наведена в цій статті, дає змогу зрозуміти взаємозв'язок усіх її складових та дає цілісне уявлення про роботу системи.

Список використаних джерел

1. Панова Л. П. Системность архитектурной среды: монография. Харьков: ХНАГХ, 2010. 235 с.
2. Бахарев В. С. Комплексна система екологічного моніторингу атмосферного повітря урбо-систем: дис. ... д-ра техн. наук: 21.06.01 / Кременчуцький нац. ун-т ім. М. Остроградського. Кременчук, 2018. 402 с.
3. Шелковська І. М. Моделі та методи геоінформаційного моніторингу земель прибережних територій водосховищ: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.24.04 / КНУБА. Київ, 2013. 28 с.
4. Wolski B. Monitoring of river embankments deformations in flood wave proration conditions. *Reports on Geodesy*. Warsaw: Warsaw university of technology. Institute of geodesy and geodetic astronomy. 2005. № 3 (74). P. 254–260.
5. Лященко А. А., Горковчук М. В. Функціональна модель автоматизованої системи контролю та оцінювання якості геопросторових даних. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*: зб. наук. праць. 2014. №1 (27). С. 103–108.
6. Hathout S. The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. *Journal of Environmental Management*. November 2002. Vol. 66, Issue 3. P. 229–238.
7. Ye, Y. & A. Van Nes. Quantitative tools and urban morphology: combining space syntax, spacematrix and mixed-use index in GIS framework. *Urban morphology*. 2014. № 18(2). P. 97–118.
8. Пиркова, О. В. Організаційно-методичний механізм формування містобудівного моніторингу використання земель: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.24.04 / ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. Харків, 2016. 28 с.
9. Красильникова Г. В. Контент-аналіз поняття «моніторинг». *Педагогічний дискурс*: зб. наук. праць. Хмельницький: ХГПА, 2013. № 14. С. 261–266.
10. Моніторинг довкілля / за ред. В. М. Боголюбова. Вінниця: ВНТУ, 2010. 232 с.
11. Ісаєнко В. М., Лисиченко Г. В., Дудар Т. В., Франчук, Г. М., Варламов Є. М. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Київ: НАУ «НАУ-друк», 2009. 312 с.
12. ISO/IEC 15288:2008 System and software engineering – System life cycle processes.
13. Чумакова Т. Я., Цыганенко С. М. Международные стандарты и жизненные циклы программного обеспечения. *Математичні машини і системи*. 2009. № 3. С. 144–150.
14. Сорока К. О. Основи теорії систем і системного аналізу: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2004. 291 с.
15. Бистерфельд О. А. Методология функционального моделирования IDEF0 / Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина. Рязань, 2008. 48 с.

References

1. Panova, L. P. (2010). *Sistemnost arkhitekturnoy sredy [Architecture Systematic Environment]*. Kharkiv: KhNAGKh [in Russian].
2. Bahariev, V. S. (2018). *Komleksna systema ekolohichnoho monitorynhu atmosfernoho povitrya urbosystem [The complex system of ecological monitoring of atmospheric air of urbosystems]*. (Extended abstract of Doctor's thesis). Kremenchuk National University named after M. Ostrogradsky, Kremenchuk [in Ukrainian].
3. Shelkovska, I. M. (2013). *Modeli ta metody heoinformatsiynoho monitorynhu zemel' pryberezhnykh terytoriy vodoskhyvshch [Models and methods of geoinformation monitoring of lands of coastal areas of reservoirs]*. (Extended abstract of candidate's thesis). Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv [in Ukrainian].
4. Wolski, B. (2005). Monitoring of river embankments deformations in flood wave proration conditions. *Reports on Geodesy*. Warsaw: Warsaw university of technology. Institute of geodesy and geodetic astronomy, 3 (74), 254–260.
5. Lyashchenko, A. A., Gorkovchuk, M. V. (2014). Funktsionalna model avtomatyzovanoi systemy kontroliu ta otsiniuvannia yakosti heoprostorovykh danykh [Functional model of the automated system of control and evaluation of geospatial data quality]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Modern achievements in geodetic science and production*, 1 (27), 103–108 [in Ukrainian].
6. Hathout, S. (November 2002). The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. *Journal of Environmental Management*, 66 (3), 229–238 [in English].

7. Ye, Y. & A. Van Nes (2014). Quantitative tools and urban morphology: combining space syntax, spacematrix and mixed-use index in GIS framework. *Urban morphology*, 18 (2), 97-118 [in English].
8. Pirkova, O. V. (2016). *Orhanizatsiino-metodychnyi mekhanizm formuvannia mistobudivnoho monitorynhu vykorystannia zemel [Organizational and methodical mechanism of formation of urban planning monitoring of land use]*. (Extended abstract of candidate's thesis). O. M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkiv [in Ukrainian].
9. Krasilnikova, G. V. (2013). Kontent-analiz poniattia «monitorynh» [Content analysis of the concept of «monitoring»]. *Pedahohichnyi dyskurs – Pedagogical discourse*, 14, 261–266 [in Ukrainian].
10. Bogolyubov, V. M. (Ed.), Klymenko, M. O., Mokin, V. B., Safranov, T. A., Horov, A. I., Prilipko, V. A., Adamenko, O. M., Poletayev L. M., Karatovtsev O. M. (2010). *Monitorynh dovkillya [Environmental monitoring]*. Vinnitsa: VNTU [in Ukrainian].
11. Isaenko, V. M., Lisychenko, G. V., Dudar, T. V., Franchuk, G. M., Varlamov, E. M. (2009). *Monitorynh i metody vymiryuvannia parametriv navkolyshnoho seredovyschcha [Monitoring and methods of measuring environmental parameters]*. Kyiv: NAU «NAU-druk» [in Ukrainian].
12. ISO/IEC 15288:2008 System and software engineering – System life cycle processes.
13. Chumakova, T. Ya., Tsyganenko, S. M. (2009). Mezhdunarodnye standarty i zhiznennyye tsikly programmogo obespecheniia [International Standards and Software Lifecycles]. *Matematychni mashyny i systemy – Mathematical Machines and Systems*, 3, 144–150 [in Russian].
14. Soroka, K. O. (2004). *Osnovy teorii system i systemnoho analizu [Basic Theory of Systems and System Analysis]*. Kharkiv: KhNAMH [in Ukrainian].
15. Bisterfeld, O. A. (2008). *Metodologiya funktsionalnogo modelirovaniia IDEF0 [Methodology of functional modeling IDEF0]*. Ryazan [in Russian].

UDC 528.001+681.581

Vladyslav Smilka

FUNCTIONAL MODEL OF THE CITY MONITORING SYSTEM OF THE LAND OF POPULATION ITEMS

Urgency of the research. Subjects of city-planning activity in decision-making within their competence face the problem of the relevance of data on the environmental state of the environment, the lack of thematic cadastral and monitoring data.

Target setting. It is necessary at the local level to develop an integrated monitoring system that integrates data from thematic monitoring.

Actual scientific researches and issues analysis. The latest open access publications on improving the functional models of thematic monitoring and automation of the control and evaluation of geospatial data quality are considered.

Uninvestigated parts of general matters defining. The problem of developing a geoinformation system for urban land monitoring of settlements, integrating information resources for environmental monitoring, land monitoring and urban monitoring, was not explored in detail.

The research objective. One of the processes of the life cycle of the system at the planning stage is the definition of its functions and the construction of a functional model.

The statement of basic materials. The IDEF built-up functional model of urban-urban monitoring of human settlements places the monitoring process in the form of a sequence of interrelated functions from data collection to obtaining observational results.

Conclusions. Urban land monitoring of settlements should be considered as an integrated system of support for making managerial decisions for a locality that processes a set of data and indicators, and the results of monitoring should be taken into account in land use and urban planning, as well as in the development of urban planning documentation and socio-economic development programs. The functional model of the system, which is given in the work, allows us to understand the interconnection of all its components and gives a coherent picture of the work of the system as a whole.

Keywords: urban planning monitoring of the land; settlement; methodology; functional model; system.

Fig.: 2. References: 15.

Смілка Владислав Анатолійович – кандидат технічних наук, начальник відділу містобудівного аналізу та ведення кадастрової інформації Департаменту містобудування та архітектури виконавчого органу Київської міської ради (КМДА) (вул. Хрещатик, 32, м. Київ, 01001, Україна).

Smilka Vladyslav – PhD in Technical Sciences, Head of the Department for Urban Development Analysis and Cadastral Information of the Department of Urban Development and Architecture of the Executive Body of the Kyiv City Council (KCDA) (32 Khreshchatyk Str., Kyiv, 01001, Ukraine).

E-mail: vsmilka@i.ua.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7025-9398>

ResearcherID: S-6934-2017

Сергій Крячок, Людмила Мамонтова, Вадим Беленок

ВИЗНАЧЕННЯ СТАЛОЇ ВІДДАЛЕМІРА ЕЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА ПІД ЧАС ПРИВ'ЯЗКИ ДО СТІННИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗНАКІВ

Актуальність теми дослідження. Останніми роками в Україні широко застосовуються новітні методи створення геодезичних мереж на основі супутникових технологій. На території міст із багатопверховою забудовою, у лісистій місцевості застосовуються комбіновані методи створення геодезичних мереж із використанням супутникових технологій та полігонометрії.

Постановка проблеми. Побудова полігонометричних мереж потребує вимірювання відстані між геодезичними пунктами, яке виконується за допомогою електронних віддалемірів чи електронних тахеометрів, останні з яких мають вмонтовані електронні віддалеміри. Для надійного визначення відстані необхідно періодично визначати постійну поправку, або сталу електронного віддалеміра.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, які присвячені способам визначення сталої електронних віддалемірів.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Недослідженим є визначення сталої електронного віддалеміра безпосередньо під час виконання геодезичних вимірювань, без додаткових операцій для її визначення.

Мета статті. Головною метою цієї статті є розробка способу визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра на основі даних, отриманих під час прив'язки до стінних геодезичних знаків, без додаткових операцій на визначення саме сталої.

Виклад основного матеріалу. Наведено технологію вимірювань, яка виконується під час прив'язки до подвійних стінних геодезичних знаків із використанням електронного тахеометра. Показано, що на основі вимірюваних величин: похилих відстаней від геодезичного пункту до двох стінних знаків, кутів нахилу цих відстаней та горизонтального кута між напрямками на стінні знаки, можна визначити сталу віддалеміра електронного тахеометра та координати геодезичного пункту. Наведено формулу для обчислення сталої.

Висновки відповідно до статті. Розроблено спосіб визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра на основі результатів геодезичних вимірювань, які виконуються під час прив'язки до подвійних стінних знаків, без додаткових вимірювань для визначення саме сталої.

Ключові слова: електронний тахеометр; стала електронного віддалеміра; стінні знаки.

Рис. 2. Бібл.: 11.

Актуальність теми дослідження. Останніми роками в Україні широко застосовуються новітні методи створення геодезичних мереж на основі супутникових технологій [1; 2]. На її території збільшується чисельність перманентних GNSS станцій, які з часом включаються як довірчі в мережене ущільнення EUREF [3].

Але в містах із багатопверховою забудовою, у лісистій місцевості використання супутникових методів стає проблематичним, оскільки багатопроменевість поширення сигналу, екранування необхідної кількості супутників не дозволяють надійно визначити координати пунктів із точністю, яка б задовольняла вимоги геодезичних та землепорядних робіт. У цьому випадку застосовуються комбіновані методи створення геодезичних мереж [4]. Для цього координати опорних пунктів визначаються супутниковими методами, а розвиток геодезичної мережі виконується традиційними методами [4; 5; 6], основним з яких є полігонометрія.

Постановка проблеми. Побудова полігонометричних мереж потребує вимірювання відстані між геодезичними пунктами, яке виконується за допомогою електронних віддалемірів чи електронних тахеометрів, останні з яких мають вмонтовані електронні віддалеміри. Для надійного визначення відстані необхідно періодично визначати постійну поправку, або сталу електронного віддалеміра.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині є декілька способів визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра [7; 8]. Вони засновані на вимірюванні: коротких інтервалів відомої довжини в межах фазового циклу; контрольного базису довжиною 300-500 м; довжин кількох ліній, значення яких попередньо визначені із заданою точністю. Постійна поправка визначається як різниця між відомою довжиною відрізка та довжиною, виміряною за допомогою електронного віддалеміра. Недоліком зазначених способів є необхідність попереднього вимірювання інтервалів із високою точністю: $(1 - 2) \cdot 10^{-6}$ – для геодезичних і топографічних світловіддалемірів та $(3 - 5) \cdot 10^{-7}$ – для високоточних світловіддалемірів [6] та закріплення кінців інтервалів на місцевості.

У публікації [9] запропоновано спосіб визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра шляхом застосування блока контрольного відліку, який прикріплюється до об'єктива зорової труби тахеометра. Недоліком є те, що не всі електронні віддалеміри оснащені такою насадкою. Крім того, запропоновано також визначати сталу за триштативною системою [7; 9].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз наведених публікацій свідчить про те, що визначення сталої є окремою процедурою, яку періодично потрібно виконувати, і, таким чином, витрачати час на її проведення.

Не дослідженим є визначення сталої електронного віддалеміра безпосередньо під час виконання геодезичних вимірювань.

Мета статті. Головною метою цієї статті є розробка способу визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра на основі даних, отриманих під час прив'язки до подвійних стінних знаків, без додаткових вимірювань на визначення саме сталої.

Виклад основного матеріалу. На рис. 1 зображено центри 1, 2, 3 геодезичних пунктів [10].

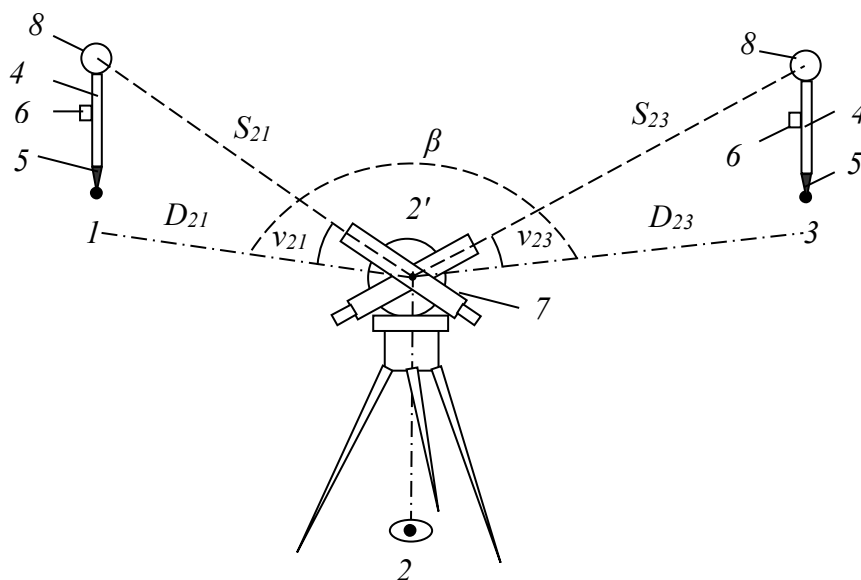


Рис. 1. До технології прив'язки до подвійних стінних знаків із використанням електронного тахеометра

Причому центри 1, 3 є центрами отворів стінних знаків із відомими координатами X_1, Y_1 та X_3, Y_3 . Центр 2 належить геодезичному пункту, координати якого потрібно визначити. Вісь обертання зорової труби електронного тахеометра, яка проходить через точку 2', знаходиться на вертикалі 2-2'. Корпус стандартного відбивача 4 має конусоподібний наконечник 5, циліндричний рівень 6 та власне відбивач у вигляді тріпель-призми 8. На корпусі відбивача може розміщуватись візирна марка для вимірювання на неї горизонтальних кутів. S_{21}, S_{23} – похилі відстані, D_{21}, D_{23} – горизонтальні відстані (горизонтальні прокладення), v_{21}, v_{23} – кути нахилу напрямків на центри тріпель-призм 7, β – горизонтальний кут між напрямками на центри пунктів 1 та 2.

На рис. 2 показано центри 1, 3 стінних знаків та 2 – центр геодезичного пункту, координати якого визначаються.

Центри 1 і 3 спроектовані по вертикалям 1-1' та 3-3' на горизонтальну площину 1'-2'-3' (горизонт інструменту). S'_{21}, S'_{23} – похилі відстані від осі обертання 2' зорової труби електронного тахеометра до вертикалей 1-1" та 3-3", які проходять через центри 1 і 3 стінних знаків. D'_{21}, D'_{23} – горизонтальні відстані (горизонтальні прокладення) від осі

обертання 2' зорової труби до вертикалей 1'-1'' та 3'-3'' відповідно. v_{21} , v_{21} – кути нахилу похилих відстаней S'_{21} , S'_{23} відносно їх горизонтальних прокладень D'_{21} , D'_{23} відповідно.

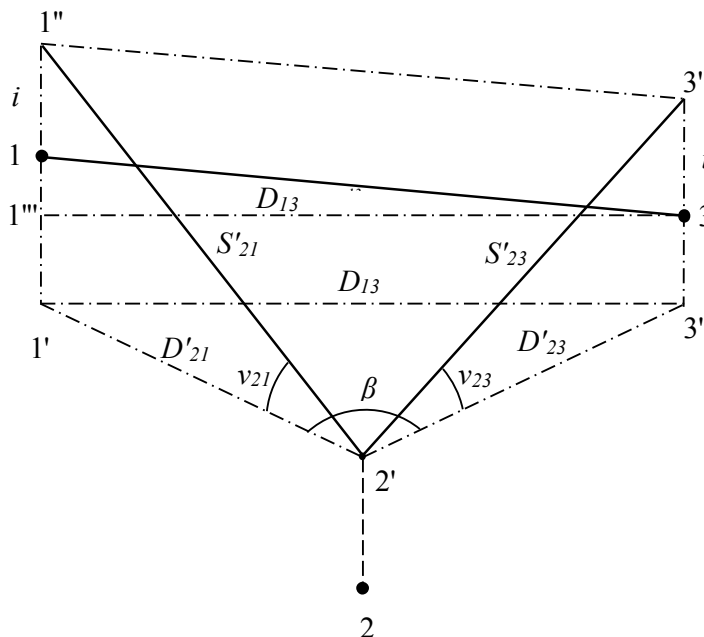


Рис. 2. До встановлення зв'язку між вимірними елементами

Під час прив'язки до стінних знаків виконуються такі дії (рис. 1). Електронний тахеометр встановлюють над центром пункту 2, координати якого визначаються, та приводять його у робочий стан. На центр пункту 1 з відомими координатами X_1 , Y_1 встановлюють корпус відбивача 4 так, що наконечник 5 конусоподібної форми суміщується з центром пункту 1. Приводять бульбашку круглого рівня 6 на середину ампули. Наводять зорову трубу 7 електронного тахеометра на центр відбивача 8 та зчитують із монітора тахеометра похилу відстань S_{21} або горизонтальну відстань D_{21} та кут нахилу v_{21} візирного променя відносно горизонту приладу. У першому випадку горизонтальна відстань може бути визначена за формулою

$$D_{21} = S_{21} \cdot \cos v_{21}. \tag{1}$$

Встановлюють віху над центром геодезичного пункту 3 та після приведення її до вертикального положення за круглим рівнем наводять на відбивач зорову трубу тахеометра та зчитують із його монітору похилу відстань S_{23} або горизонтальну відстань D_{23} та кут нахилу v_{23} візирного променя відносно горизонту приладу. Горизонтальну відстань можна обчислити за формулою

$$D_{23} = S_{23} \cdot \cos v_{23}. \tag{2}$$

Горизонтальний кут β між напрямками на центри пунктів 2 та 3 можна виміряти або відносно центрів відбивачів, або відносно візирних марок, розміщених на корпусах 4 відбивачів, D'_{21} , D'_{23} або на юстувальні шпильки чи сірники, встановлені в отвори центрів стінних знаків.

Наступним етапом є розрахунок сталої віддалеміра електронного тахеометра. Пояснення щодо отримання формули для розрахунку сталої наведено на рис. 2. Відстань S'_{21} містить у собі відстань S_{21} , виміряну тахеометром та сталу віддалеміра c . Тож,

$$S'_{21} = S_{21} + c. \tag{3}$$

Горизонтальне прокладення цієї відстані з урахуванням (3) та (1) дорівнює

$$D'_{21} = S'_{21} \cos v_{21} = (S_{21} + c) \cos v_{21} = D_{21} + c \cdot \cos v_{21}. \tag{4}$$

Аналогічно

$$D'_{23} = S'_{23} \cos \nu_{23} = (S_{23} + c) \cos \nu_{23} = D_{23} + c \cdot \cos \nu_{23}. \quad (5)$$

З горизонтального трикутника 1',2',3', теореми косинусів та врахування (4), (5), впливає

$$D_{13}^2 = (D_{21} + c \cdot \cos \nu_{21})^2 + (D_{23} + c \cdot \cos \nu_{23})^2 - 2(D_{21} + c \cdot \cos \nu_{21})(D_{23} + c \cdot \cos \nu_{23}) \cos \beta. \quad (6)$$

Розв'язування квадратного рівняння (6) відносно c дозволяє отримати формулу для обчислення сталої віддалеміра

$$c = \frac{1}{a} \{ b \cdot D_{21} + d \cdot D_{23} + [a \cdot D_{13}^2 - (D_{21} \cdot \cos \nu_{23} - D_{23} \cdot \cos \nu_{21})^2 \cdot \sin^2 \beta]^{\frac{1}{2}} \}, \quad (7)$$

де $a = \cos^2 \nu_{21} + \cos^2 \nu_{23} - 2 \cos \nu_{21} \cdot \cos \nu_{23} \cdot \cos \beta$, $b = \cos \nu_{23} \cdot \cos \beta - \cos \nu_{21}$, $d = \cos \nu_{21} \cos \beta - \cos \nu_{23}$.

Далі обчислюють виправлені горизонтальні прокладення за формулами (4) та (5) і розраховують координати центра 2 геодезичного пункту за відомою методикою, наведеною, наприклад, у [11].

Можна виміряти відстань S_{13} між центрами крайніх пунктів компарованим мірним приладом, наприклад, рулеткою з точністю до міліметрів, а після визначення сталої на основі цих вимірювань, координати пункту 2 визначаються за стандартною процедурою, наведеною в [11]. Далі відстань S_{13} необхідно привести до горизонту. Тому під час вимірювання відстаней від центру пункту 2 до центрів пунктів 1 і 3 електронним тахеометром відбивачі встановлюють на одну висоту i (рис. 1, 2). З рис. 2 зрозуміло, що

$$h = (1' - 1'') - (3' - 3'') = S'_{21} \sin \nu_{21} - S'_{23} \sin \nu_{23} = h_{21} - h_{23}, \quad (8)$$

де h_{21} , h_{23} – перевищення центрів 1 та 2 над горизонтом інструментів, які можна записати з дисплею електронного тахеометра.

Слід зауважити, що оскільки стала віддалеміра ще не обчислена, то використовують відстані і перевищення у формулі (8), виміряні за допомогою тахеометра – замість виправлених відстаней. Однак сталі електронних віддалемірів мають значення від 0 до кількох сантиметрів, а виміряні відстані – від кількох метрів до десятків метрів, а подвійні стінні знаки знаходяться приблизно на одній висоті. Отже, перевищення h_{21} , h_{23} та їх різниця h у формулі (8) будуть у цьому випадку незначно спотворені через відсутність сталої c .

Горизонтальне прокладення визначається за відомою формулою

$$D_{13} = \sqrt{S_{13}^2 - h^2}, \quad (9)$$

де S_{13} – відстань між центрами крайніх пунктів; h – перевищення.

Висновки відповідно до статті. Розроблено спосіб визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра на основі результатів вимірювань, які виконуються під час прив'язки до стінних знаків, без додаткових операцій на визначення саме сталої.

Список використаних джерел

1. Шульц Р. В., Терещук О. І., Анненков А. О., Нисторьяк І. О. Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями у реальному часі. *Інженерна геодезія*. 2014. № 61. С. 58–77.
2. Tereshchuk O., Nystorik I. Efficiency of application of satellite technology when performing land cadastral works in settlements. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2016. Вип. 84. С. 90–98.
3. Терещук О. І., Нисторьяк І. О. Досвід функціонування перманентної GNSS-станції «Чернігів» (СНІВ) у мережі EPN. *Технічні науки та технології: науковий журнал*. 2015. № 1. С. 130–140.
4. Бурачек В. Г., Нисторьяк І. О. Сумісне використання GPS-технологій та електронної тахеометрії для визначення координат точок опорної мережі. *Наукові аспекти геодезії, землеустрою та інформаційних технологій: II наук.-практ. конф.* Київ: НАУ, 2013. С. 70–75.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

5. Терещук О. І., Нистор'як І. О., Шульц Р. В. Відновлення міських полігонометричних мереж сучасними супутниковими технологіями. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. Львів, 2015. Вип. 82. С. 59–72.
6. Патент 82874 Україна. ПМК G01C 7/00. Спосіб побудови геодезичної опорної фігури / В. Г. Бурачек, І. О. Нистор'як, О. І. Терещук, ЧДІЕУ. – № у 2012 08638; заявл. 12.07.2012; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16.
7. Бронштейн Г. С. Комбинированные способы измерения расстояний. Москва: Недра, 1991. 92 с.
8. Сборник инструкций по производству поверок геодезических приборов / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Москва: Недра, 1988. 77 с.
9. Ворошилов, А. П. Определение постоянной поправки дальномера электронного тахеометра. *Геопрофи*. 2005. № 4. С. 46–47.
10. Патент. 124821, Україна МПК (2018.01) G01C 3/00 G01B 7/00 G01B 11/00. Спосіб визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра / С. Д. Крячок, Л. С. Мамонтова, В. Ю. Беленок, Г. М. Горлова; заявники та патентовласники С. Д. Крячок, Л. С. Мамонтова, В. Ю. Беленок, Г. М. Горлова. – у 2017.10698; заявл. 03.11.2017; опубл. 25.04.2018. Бюл. № 8.
11. Тревого И. С., Шевчук П. М. Городская полигонометрия. Москва: Недра, 1986. 199 с.

References

1. Schultz, R. V., Tereshchuk, O. I., Annenkov, A. O., Nystoryak, I. O. (2014). Praktychni doslidzhennia tochnosti vyznachennia koordynat za suputnykovymy tehnolohiiamy u realnomu chasi [Research accuracy of the coordinates satellite technology in real time]. *Inzhenerna heodeziia – Engineering Geodesy*, 61, 59–78 [in Ukrainian].
2. Tereshchuk, O. & Nestoryk, I. (2016). Efficiency of application of satellite technology when performing land cadastral works in settenets. *Heodeziia, kartohrafiia ta aereofotoznmannia – Geodesy, cartography and aerial photography*, 84, 90–98 [in Ukrainian].
3. Tereshchuk, O. & Nestoryk, I. (2015). Dosvid funktsionuvannya permanentnoyi GNSS-stantsiyi «Chernihiv» (CNIV) u merezhi EPN [The experience of functioning of the permanent GNSS station «Chernigov» (CNIV) in the network of the EPN]. *Heodeziia, kartohrafiia i aereofotoznmannia – Geodesy, cartography and aerial photography*, 1, 130–140 [in Ukrainian].
4. Burachek, V. H. & Nistor'yak, I. O. (2013). Sumisne vykorystannia GPS-tekhnohiiy ta elektronnoyi toyoometriyi dlya vyznachennya koordynat tochok opornoyi merezhi [Compatible use of GPS technology and electronic tacheometry to determine the coordinates of the points of the reference network]. *Naukovi aspekty heodezii, zemleustroiu ta informatsiinykh tekhnolohii: II nauk.-prakt. konf. NAU – Scientific aspects of geodesy, land management and information technologies. Conference proceedings of the Scientific and Practical Conference* (Kyiv, pp. 70–75). Kyiv: NAU [in Ukrainian].
5. Tereshchuk, O. I., Nystoriak, I. O. & Shults, R. V. (2015). Vidnovlennya mis'kykh polihonometrychnykh merezh suchasnymy suputnykovymy tekhnolohiiamy [Reconstruction of urban polygonometric networks with modern satellite technologies]. *Heodeziia, kartohrafiia ta aereofotoznmannia – Geodesy, cartography and aerial photography*, 82, 59–72 [in Ukrainian].
6. Burachek, V. H., Nystoryak I. O. & Tereshchuk O. I. (2013). Sposib pobudovy heodezychnoyi opornoyi fihury [Method of constructing a geodetic supporting figure]. Patent Ukrainian No. 82874.
7. Bronshteyn, G. S. (1991). *Kombinirovannye sposoby izmereniia rasstoianii* [Combined methods for measuring distances]. Moscow: Nedra [in Russian].
8. Sbornik instruksiy po proizvodstvu poverok geodezicheskikh priborov [Collection of instructions for the production of calibration surveying instruments] (1988). *Glavnoe upravlenie geodezii i kartografii pri Sovete Ministrov SSSR – Main Department of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR*. Moscow: Nedra [in Russian].
9. Voroshilov, A. P. (2005). Opredelenie postoiannoii popravki dalnomera elektronnoho takheometra [Determination of the constant correction of the rangefinder of an electronic total station]. *Geoprofi – Geoprofi*, 4, 46–47 [in Russian].
10. Kryachok, S. D., Mamontova, L. S., Belenok, V. Yu. & Gorlova, G. M. (2018). Sposib vyznachennya staloyi viddalemira elektronnoho takheometra [A method for determining the remote distance meter of an electronic station]. Patent Ukrainian No. 124821.
11. Trevogo, I. S. (1986). *Gorodskaiia poligonometriia* [City polygonometry]. Moscow: Nedra [in Russian].

UDC 528.1

*Serhiy Kryachok, Liudmila Mamontova, Vadym Belenok***DETERMINATION OF THE TOTAL STATION'S RANGE FINDER CONSTANT DURING SNAPPING TO WALL GEODESIC SIGNS**

Urgency of the research. The latest methods of creating geodetic networks based on satellite technologies are widely used in Ukraine. On the territory of cities with multi-storey buildings, in wooded areas, combined methods of creating geodetic networks using satellite technology and polygonometry are used in recent years.

Target setting. When creating polygonometry networks it is necessary to measure the distance between geodetic points, which is performed using electronic rangefinders or electronic total stations, the latter of which contain built-in electronic rangefinders. To reliably determine the distance, it is necessary to periodically determine the constant correction or the constant of the electronic rangefinder.

Actual scientific researches and issues analysis. The latest publications in open access which consider how to determine the constant electronic rangefinders were reviewed.

An unexplored parts of a common problem. Not investigated is the determination of the constant electronic range finder directly during the execution of geodetic measurements without additional operations to determine it.

The research objective. The main goal of this article is to develop a method for determining the constant rangefinder of an electronic total station based on the data obtained during binding to wall geodetic signs without additional operations to determine of constant.

The statement of basic materials. A measurement technology, which is performed during binding to double geodesic wall signs using an electronic total station is given. It is shown that on the basis of measured values: slant distances measured from the geodetic point to two wall signs, the slope angles of these distances and the horizontal angle between the directions on the wall signs, it is possible to determine the constant correction of the electronic total station and the coordinates of the geodetic point. The formula for calculating the constant is given.

Conclusions. The method has been developed for determining the permanent rangefinder of an electronic total station based on the results of geodetic measurements that are performed during snapping to double wall signs without additional measurements to determine of constant.

Keywords: electronic total station; electronic range finder constant; wall signs.

Fig.: 3. References: 11.

Крячок Сергій Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kryachok Serhiy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: geodesist2015@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5633-1501>

ResearcherID: N-3061-2016

Мамонтова Людмила Степанівна – старший викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Mamontova Liudmila – Senior Lecturer of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology. (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: liudmila.mamontova@yandex.Ua.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4144-5261>

ResearcherID: N-3070-2016

Беленок Вадим Юрійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри аерокосмічної геодезії Національного авіаційного університету (просп. космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна).

Belenok Vadym – PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Aerospace Geodesy, National Aviation University (1 Kosmonavta Komarova Av., 03058 Kyiv, Ukraine).

E-mail: belenok.vadim@nau.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5357-7493>

ResearcherID: S-7566-2019

Володимир Іванишин, Віктор Бугай

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЛЯНКИ (МІКРОРАЙОН «МАСАНИ» В ЧЕРНІГОВІ) МІЖ ВУЛИЦЯМИ КРАСНОСІЛЬСЬКОГО ТА ГЛІБОВА ПІД БУДІВНИЦТВО БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Актуальність теми дослідження. Інженерно-геологічні дослідження під будівництво будь-якого об'єкта є обов'язковими, а тому завжди актуальні.

Постановка проблеми. Поширення, товщини й літологія четвертинних відкладів на території Чернігова часто змінюються на площі та в розрізі (по глибині), що становить небезпеку при будівництві різних будівель чи споруд. Для забезпечення стійкості збудованих об'єктів потрібно перед початком будівництва детально вивчати інженерно-геологічні умови будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Публікації, які б стосувалися теми статті, відсутні.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Загальною складною недостатньо вирішеною проблемою для території Чернігова, Чернігівської області є поширення, товщини та літологія четвертинних відкладів.

Постановка завдання. Детальне дослідження геологічної будови ділянки в мікрорайоні «Масани», між вулицями Красносільського та Глібова (до вулиці Андрусенка) під будівництво багатоповерхових житлових будинків.

Виклад основного матеріалу. За геоморфологічними ознаками ділянка робіт розташована на Чернігівсько-Городянській моренно-зондровій рівнині. Геологічний розріз ділянки до глибини 18 м складений сучасними техногенними, верхньо- і середньочетвертинними та неогеновими відкладами. У ньому за результатами буріння, статичного зондування та лабораторних досліджень виділено 11 інженерно-геологічних елементів.

Ділянка досліджень за складністю інженерно-геологічних умов відноситься до II категорії.

Висновки відповідно до статті. За результатами виконаних досліджень встановлено, що товща ґрунтів у розрізі та на площі неоднорідна. ґрунти ПЕ-3-6 просідні при додаткових навантаженнях. ґрунтові води, які знаходяться на глибині 4,2-8,1 м, при інтенсивних атмосферних опадах і таненні снігу можуть піднятися до глибини 1,4 м. При проектуванні будівель, споруд через можливе підтоплення території потрібно передбачити гідроізоляцію фундаментів і підлог підвалів, регулювання поверхневого стоку, облаштування водонесучих комунікацій для запобігання втрат води. Вода до всіх марок бетонів і цементів, арматури залізобетонних конструкцій неагресивна.

Ключові слова: відклади; ґрунти; горизонти; інженерно-геологічні елементи; свердловина; статичне зондування ґрунтові води.

Рис.: 7. Табл.: 2. Бібл.: 4.

Актуальність теми дослідження. Інженерно-геологічні дослідження під будівництво будь-якого об'єкта є обов'язковими, а тому завжди актуальні.

Постановка проблеми. Поширення товщини й літологія четвертинних відкладів на території Чернігова часто змінюються на площі та в розрізі (по глибині), що становить небезпеку при будівництві різних будівель чи споруд. Для забезпечення стійкості збудованих об'єктів потрібно перед початком будівництва детально вивчати інженерно-геологічні умови будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Публікації, які б стосувалися теми статті, відсутні.

Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми. Загальною складною недостатньо вирішеною проблемою для території Чернігова, Чернігівської області є поширення, товщини та літологія четвертинних відкладів.

Мета статті. Детальне дослідження геологічної будови ділянки в мікрорайоні «Масани», між вулицями Красносільського та Глібова (до вулиці Андрусенка) під будівництво багатоповерхових житлових будинків.

Виклад основного матеріалу. Інженерно-геологічні дослідження на ділянці, яка знаходиться в північній частині Чернігова, виконані ЗАТ «Чернігівбудрозвідування». Завданням робіт було вивчення інженерно-геологічних умов ділянки під будівництво шести багатоквартирних житлових будинків на пальових фундаментах. Інформація про виконані роботи наведена в табл. 1.

Винесення в натуру геологічних виробок та точок проведення дослідних робіт здійснено на основі топографічного плану масштабу 1:500 та генерального плану масштабу 1:1000 мірною рулеткою та теодолітом.

Склад, об'єми та методика виконаних робіт

№ з/п	Види робіт	Одиниці виміру	Кількість штук/м.п.	Методика виконаних робіт
Польові роботи				
1	Буріння свердловин	шт./м	12/207	Спосіб буріння - механічний
2	Статичне зондування	шт./м	46/765	ДСТУ Б.В. 2-1-9-02
3	Буріння шурфів	шт./м	3/13,5	ДСТУ Б.В. 2-1-9-02
4	Відбір монолітів	шт.	126	ГОСТ 12071-84
Лабораторні роботи				
5	Межі текучості та консистенція	зразки	327	ДСТУ Б.В.2.1-3-96
6	Щільність ґрунтів	зразки	126	ДСТУ Б.В.2.1-3-96
7	Природна вологість	зразки	327	ДСТУ Б.В.2.1-3-9-96
8	Гранулометричний склад	зразки	13	ДСТУ Б.В.2.1-3-9-96

Планові й висотні прив'язки виробок виконано інструментально. Місцезнаходження виробок і точок дослідних робіт відкориговано при виконанні вишукувань через розміщення на території приватних земельних ділянок. Статичного зондування виконано на 2 точки менше запланованого через збільшення їх глибини та кількості лабораторних досліджень.

При виконанні робіт враховані результати інженерно-геологічних вишукувань для обґрунтування генерального плану забудови III черги мікрорайону «Масани».

У 2005-2007 роках інженерно-геологічні вишукування проводилися для робочого проекту будівництва кварталу багатоповерхових житлових будинків на вул. Красносільського, що межує з досліджуваною ділянкою зі сходу. У проекті будівництва передбачалося застосування пальових фундаментів.

Поблизу ділянки, яка досліджувалася, в аналогічних інженерно-геологічних умовах на стрічкових фундаментах побудовані одноповерхові споруди ринку, супермаркету, станції технічного обслуговування (СТО), а також приватні будинки масиву «Нова Подусівка». При обстеженні всіх цих будівель деформацій надфундаментних конструкцій не встановлено.

За геоморфологічними ознаками ділянка робіт розташована на Чернігівсько-Городнянській моренно-зандровій рівнині в північно-західній частині Дніпровсько-Донецької западини в приводороздільній частині рік Стрижня та Білоуса, нахилена на схід, має абсолютні відмітки поверхні землі від 142,77 до 144,5 м. Перед вишукуваннями не була забудована.

Інженерно-геологічна будова ділянки відображена в геологічних розрізах 1-1'-8-8', в яких (за результатами буріння, статичного зондування та лабораторних досліджень), виділені інженерно-геологічні елементи (ІГЕ) 1-11 (рис. 1, 2, 3, 4).

Геологічний розріз ділянки до глибини 18 м складений сучасними техногенними, верхньо- і середньочетвертинними та неогеновими відкладами (рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

Сучасні техногенні відклади – це ґрунтово-рослинний шар (ІГЕ-1), насипні ґрунти (ІГЕ-1а) з нерівномірною щільністю, будівельним сміттям, товщиною 2,5 м, а подекуди мабуть, і більше.

У верхньочетвертинних відкладах вивчені еоло-делювіальні дрібнозернисті піски та супіски причорноморського горизонту, елювіальні ґрунти дофінівського горизонту, еоло-делювіальні ґрунти бузького горизонту, елювіальні ґрунти прилуцького горизонту.

ІГЕ	Стратиграфічний ндекс	Глибина підшви	Відмітка підшви	Потужність шару	Шкала глибин	Літологічний розріз	Опис ґрунту	Консист./ст. вод. піску
1		0.3	142.59	0.3			Шар ґрунто-рослинний	
3	vd III pc	1.2	141.69	0.9	1		Супісок, пластичний, бурий, просідний	
4	e III df	2.1	140.79	0.9	2		Суглинок жовтуватобурий, м'якопластичний	
5	vd III bg	3.6	139.29	1.5	3		Супісок сіриватожовтий, пластичний	
6	e III pl	5.1	137.79	1.5	4 5		Похований ґрунт - суглинок гумусований, м'якопластичний, темносірий	
7	f II dn	8.2	134.69	3.1	6 7 8		Суглинок флювіогляціальний, сіриватожовтий, тугопластичний, з гравієм кристалічних порід	
8	f II dn	11.8	131.09	3.6	9 10 11		Супісок флювіогляціальний, синюватожовтий, пластичний	
9a	lg II dn	17.2	125.69	5.4	12 13 14 15 16 17		Супісок щільний	
10	lg II dn	17.6	125.29	0.4			Суглинок зеленуватожовтий, напівтвердий	
11	N	18	124.89	0.4	18		Глина темносіра, тверда	

Рис. 1. Інженерно-літологічна колонка свердловини 6

У середньочетвертинних відкладах визначені флювіогляціальні суглинки тугопластичної та текучопластичної консистенції дніпровського горизонту, супіски м'якопластичні синювато-сірі та текучі, моренні щільні супіски, супіски озерно-льодовикові щільні, суглинки озерно-льодовикові.

Неогенові відклади, що залягають глибше 17-18 м, представлені глинами твердої консистенції.

Виділення інженерно-геологічних елементів (ІГЕ) проведено згідно з ДСТУ Б.В. 2.1-5-96 (ГОСТ 20522-96) [1] та перевірено на підставі оцінки просторової зміни границь та числа пластичності, ступеня вологості й коефіцієнта щільності, механічних властивостей, що були визначені лабораторними дослідженнями [2] з урахуванням раніше виконаних інженерно-геологічних робіт та прилеглих ділянок будівництва (табл. 2).

ІГЕ	Стратиграфічний індекс	Глибина підшови	Відмітка підшови	Потужність шару	Шкала глибин	Літологічний розріз	Опис ґрунту	Консист./ст. під. піску
1		0.3	143.15	0.3			Шар ґрунто-рослинний	
2	vd III pc	1.3	141.55	1.6	1		Пісок мілкий	
3	e III df	2.3	140.85	0.7	2		Супісок, пластичний, бурий, просідний	
					3			
					4			
5	vd III bg	4.3	138.55	2.3	4		Супісок сірватожовтий, пластичний	
6	e III pl	5.3	138.15	0.4	5		Похований ґрунт - суглинок гумусований, м'якопластичний, темносірий	
					6			
					7			
7	f II dn	8.1	135.35	2.8	8		Суглинок флювіогляціальний, сірватожовтий, тугопластичний, з гравієм кристалічних порід	
					9			
9	g II dn	9.1	134.35	1	9		Супісок моренний	
8a	f II dn	10.2	133.25	1.1	10		Супісок флювіогляціальний, синюватожовтий, текучий	
					11			
9a	lg II dn	12.1	131.35	1.9	12		Супісок щільний	
8	f II dn	13	130.45	0.9	13		Супісок флювіогляціальний, синюватожовтий, пластичний	
					14			
7	f II dn	15.1	128.35	2.1	15		Суглинок флювіогляціальний, сірватожовтий, тугопластичний, з гравієм кристалічних порід	
					16			
					17			
10	N	18	125.45	2.9	18		Суглинок зеленуватожовтий, напівтвердий	

Рис. 2. Інженерно-логічна колонка свердловини 7

Виділені інженерно-геологічні елементи відповідають таким літологічним верствам (горизонтам): ІГЕ – 1,1а – горизонту I, ІГЕ – 2,3 – горизонту II, ІГЕ – 4 – горизонту III, ІГЕ – 5 – горизонту IV, ІГЕ – 6 – горизонту V, ІГЕ – 7, 7а – горизонту VI, ІГЕ – 8, 8а – горизонту VII, ІГЕ – 9, 9а – горизонту VIII, ІГЕ – 10 – горизонту IX, ІГЕ – 11 – горизонту X.

Верстви VI, VII розділені на ІГЕ – 7, 7а та ІГЕ – 8, 8а відповідно через значну різницю консистенцій ґрунтів.

Характеристики ІГЕ - 3-6 отримані зі зразків у природному та водонасиченому стані з урахуванням замочування ґрунтів при підвищенні рівня ґрунтових вод та появи «верховодки». Вони будуть просідати при додаткових навантаженнях.

Ґрунтові води в західній та центральній частині ділянки на глибині 4,2 м та південно-східній на глибині 8,1 м безнапірні.

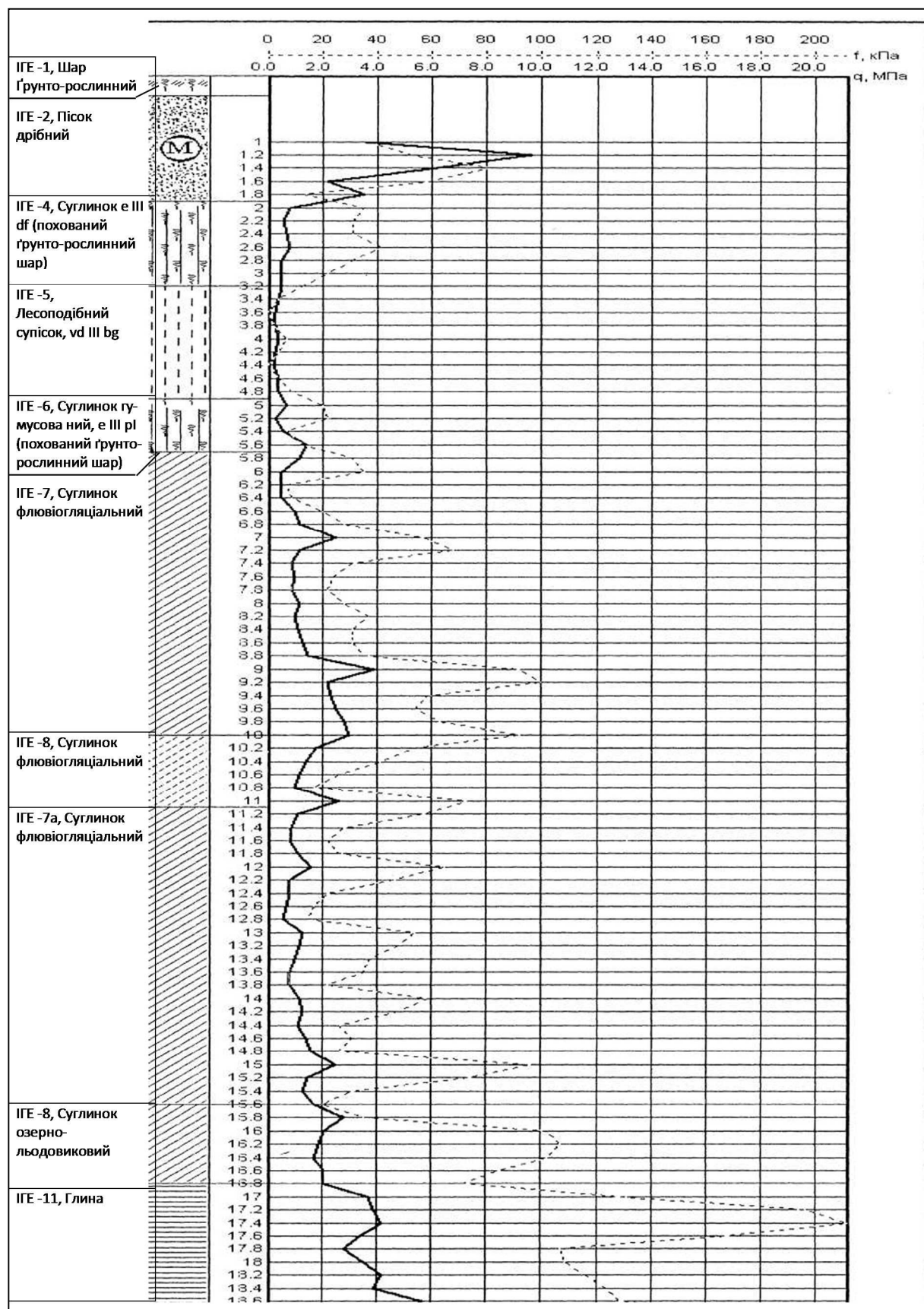


Рис. 3. Діаграма статичного зондування в точці 1

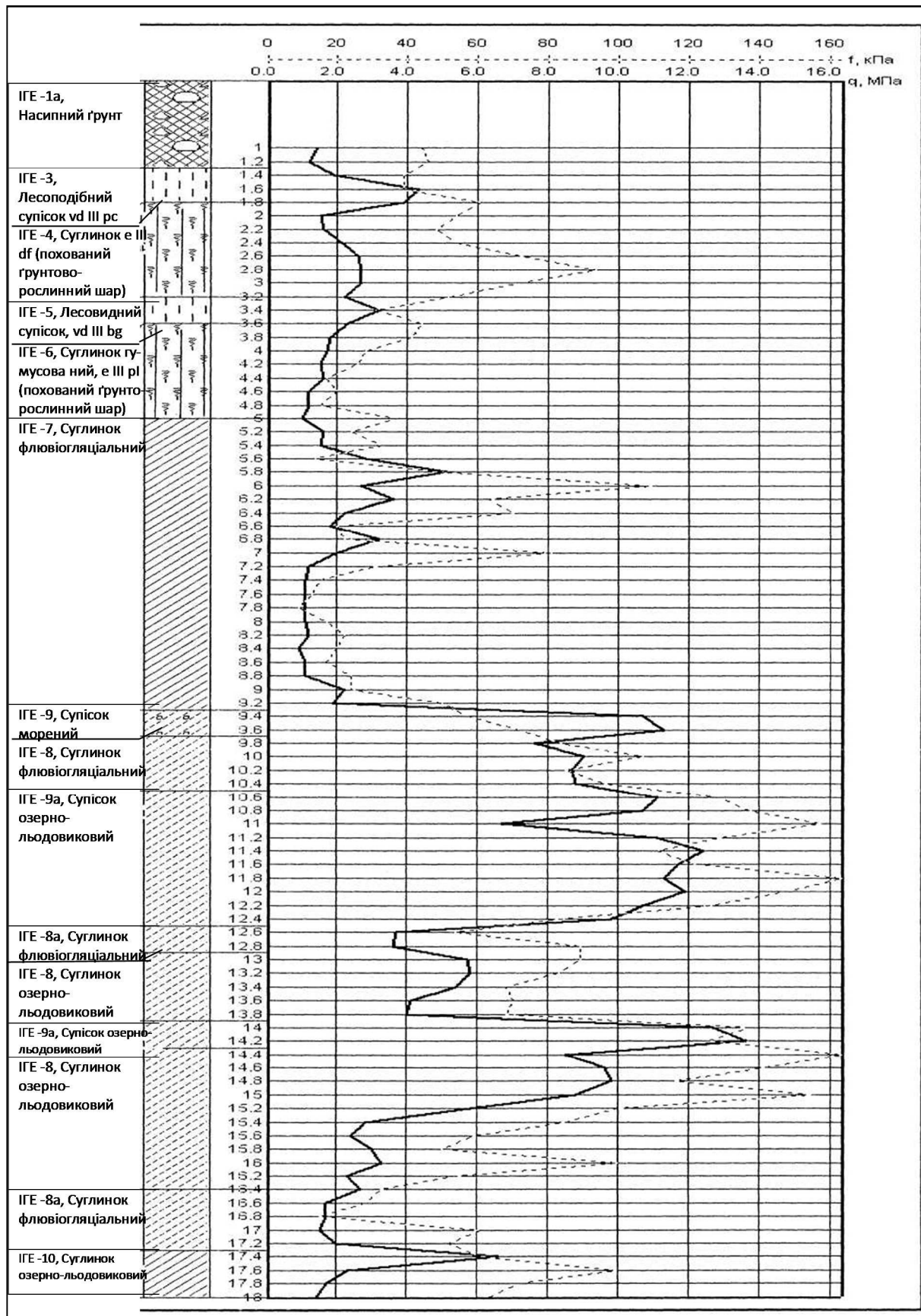


Рис. 4. Діаграма статичного зондування в точці 29

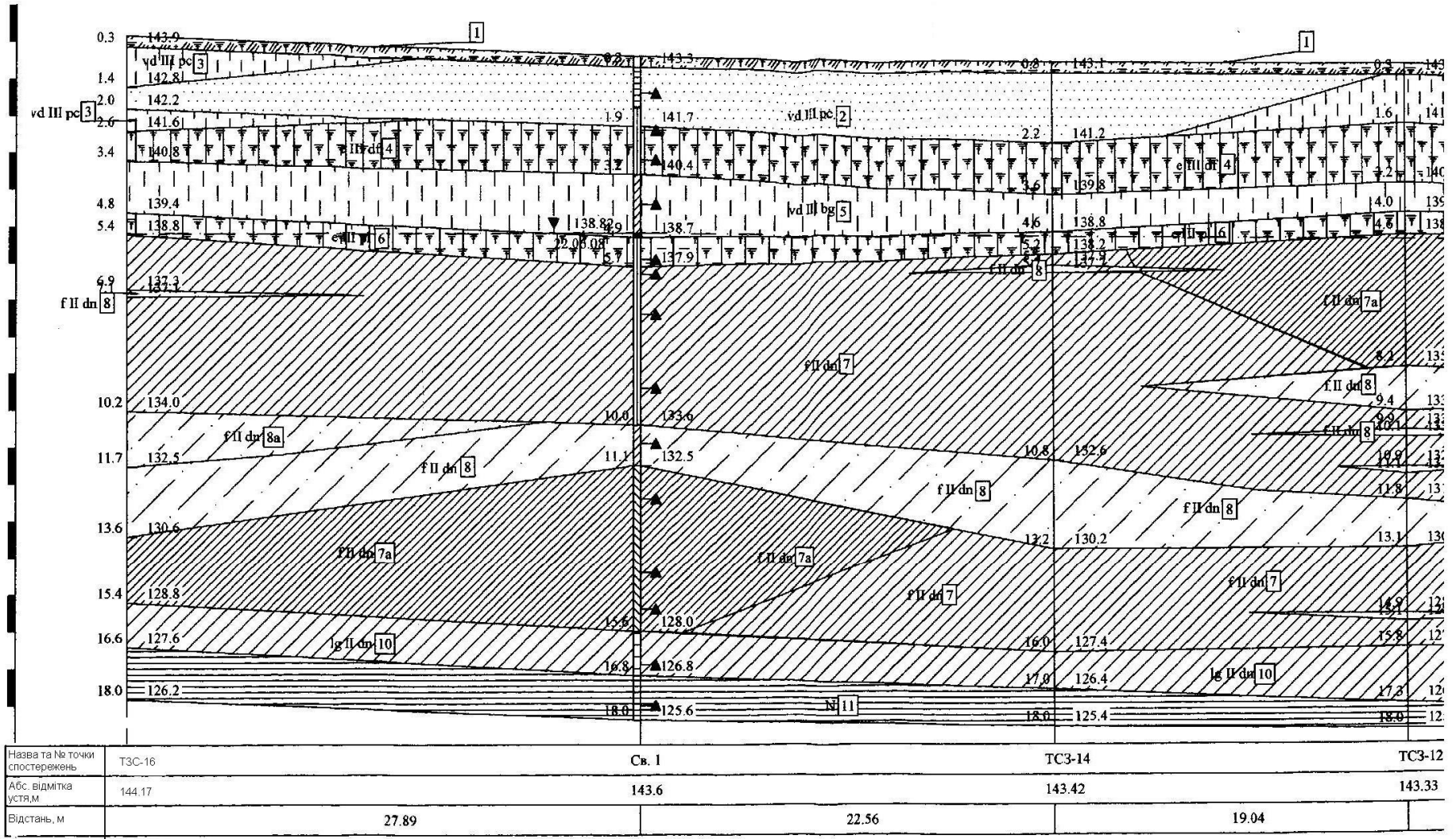


Рис. 5. Інженерно-геологічний розріз 5-5'

210

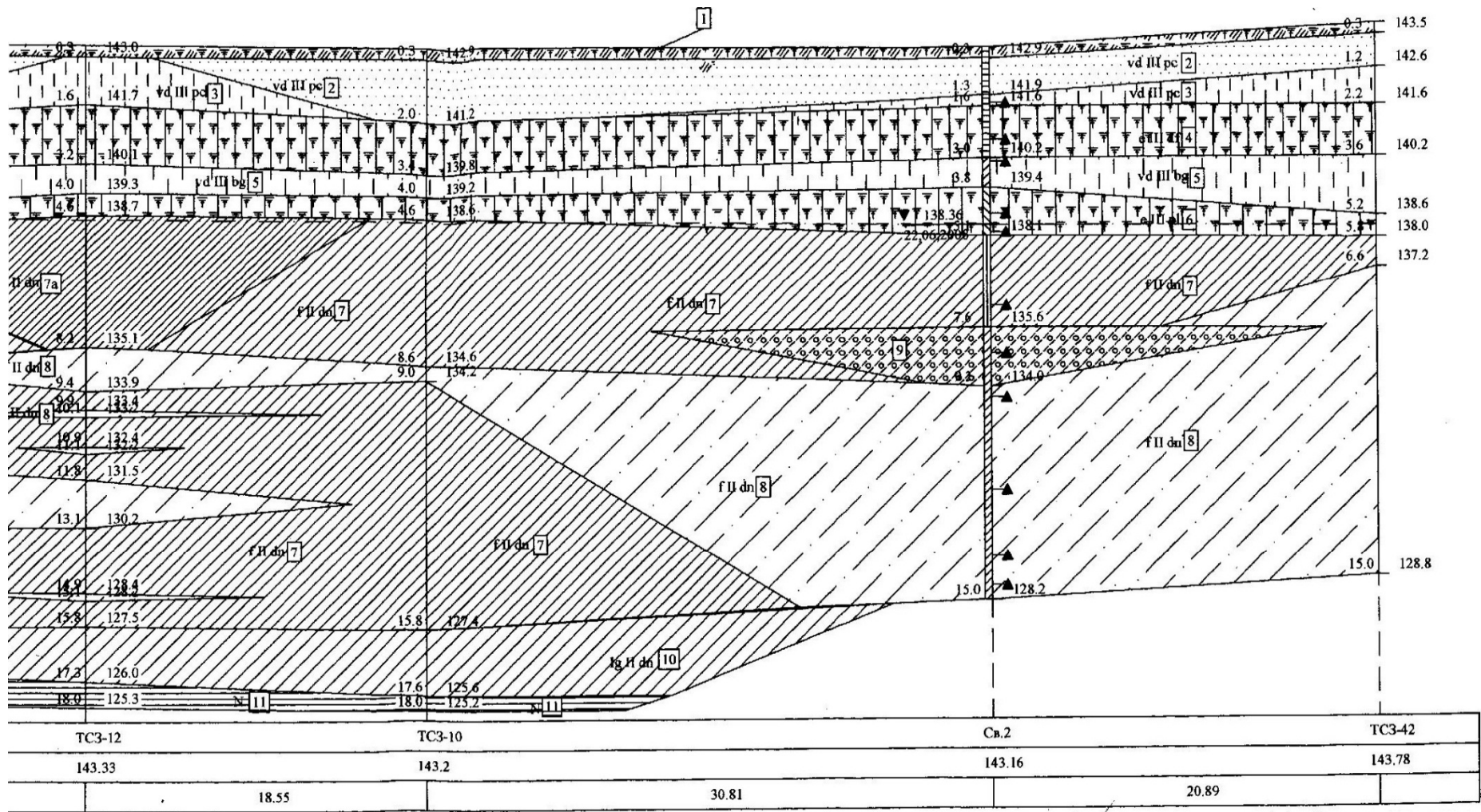


Рис. 5, аркуш 2

Масштаб: г – 1:200
в – 1:100

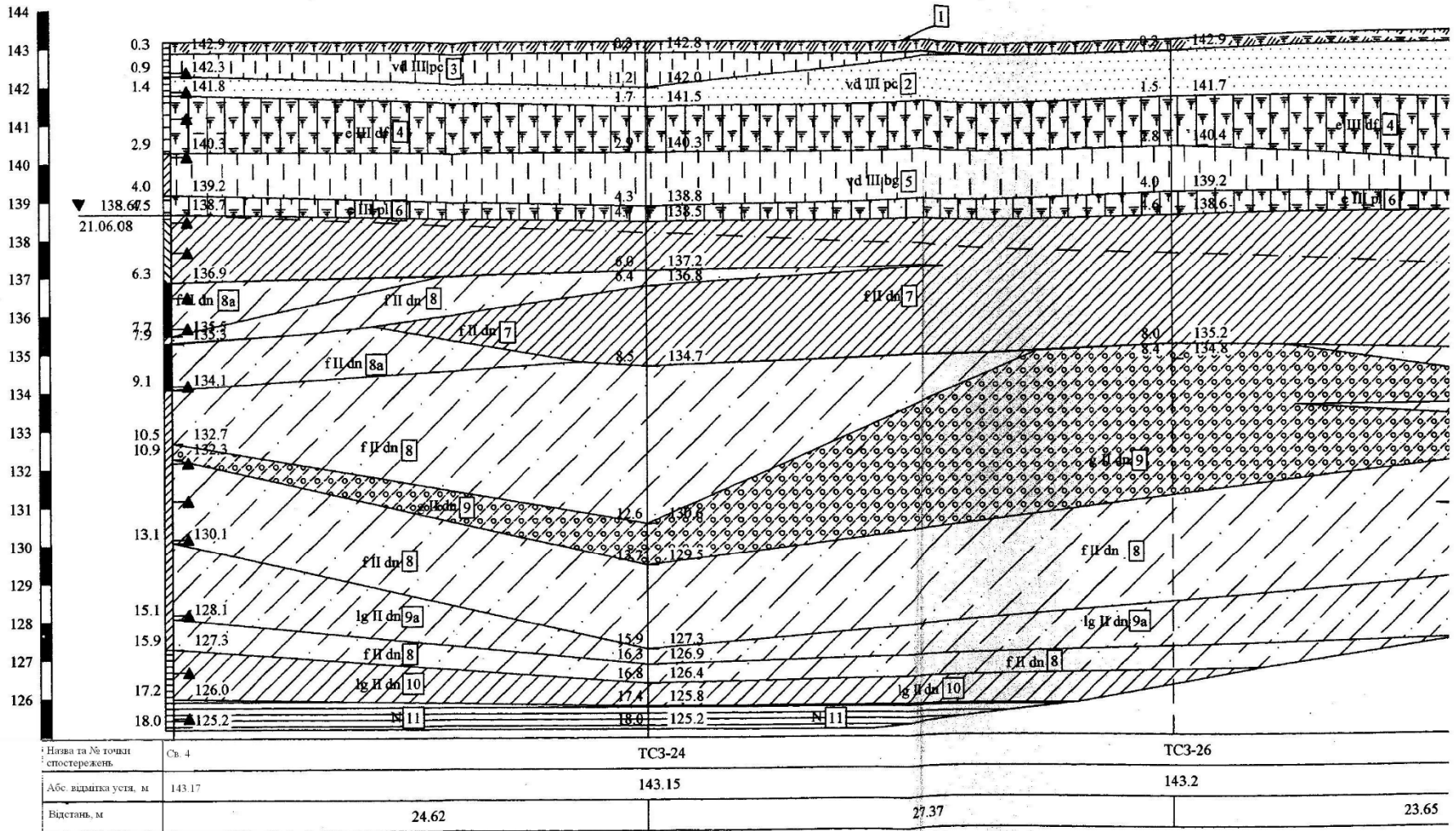


Рис. 6. Інженерно-геологічний розріз 7-7''

Масштаб: г – 1:200

в – 1:100

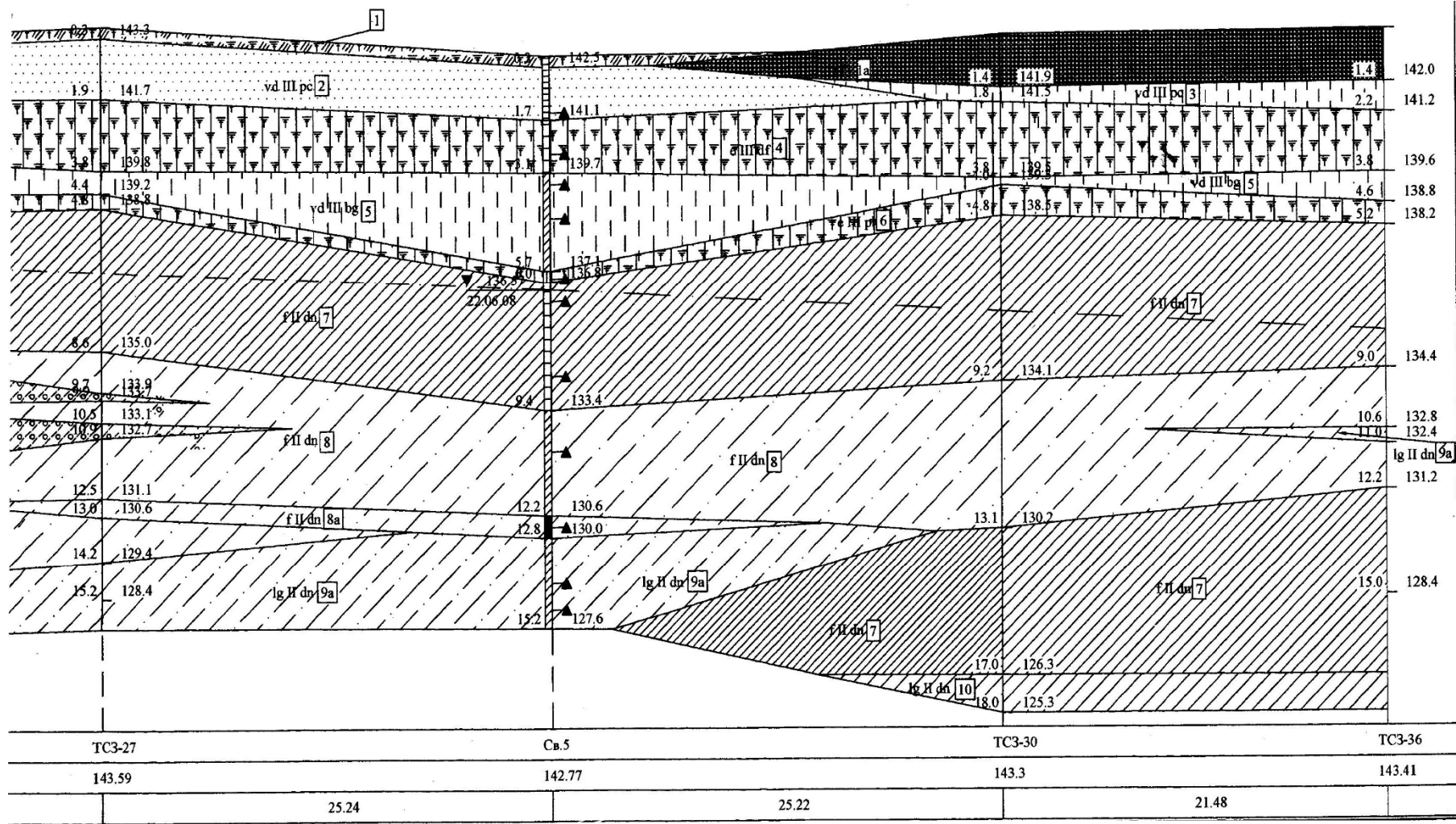


Рис. 6, аркуш 2

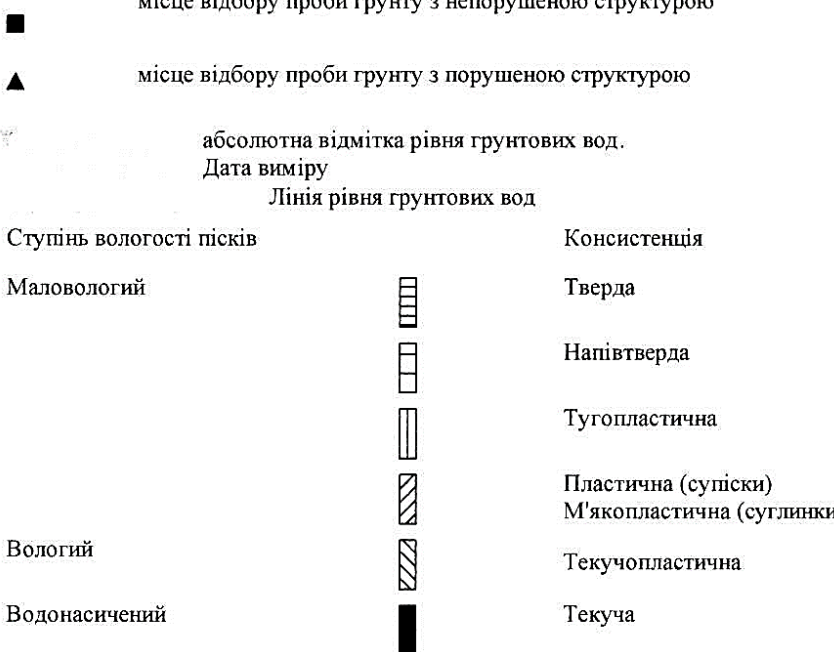
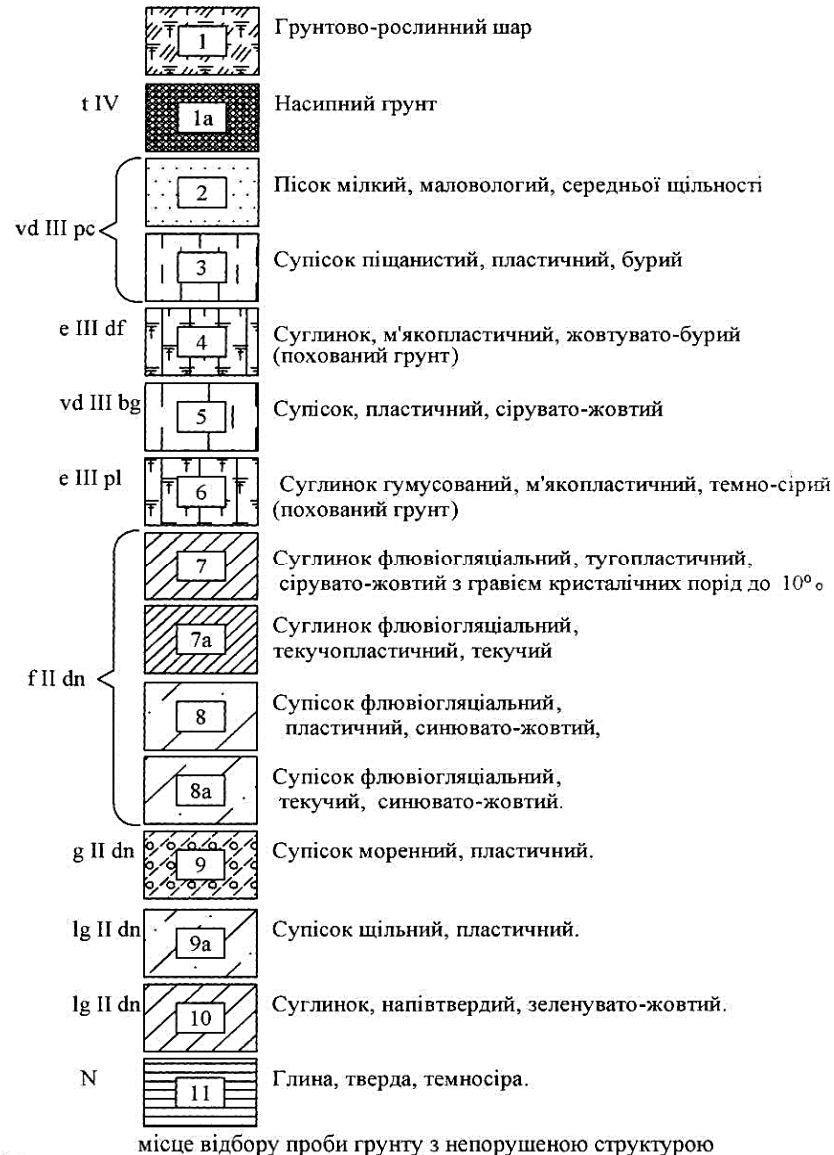


Рис. 7. Умовні позначення до рисунків 1-6

Таблиця 2

Таблиця нормативних та розрахункових значень показників властивостей ґрунтів

Індекс генезису та вік	ПЕ	Номенклатурне найменування ґрунту	Нормативні значення											Розрахункові значення									
			Природна вологість	Число пластичності	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Ступінь вологості	Щільність	Щільність частинок ґрунту	Щільність ґрунту в сухому стані	Модуль деформації	Кут внутрішнього тертя	Питоме зчеплення	Щільність ґрунту при $\alpha=0,95$	Щільність ґрунту при $\alpha=0,85$	Питоме зчеплення при $\alpha=0,95$	Питоме зчеплення при $\alpha=0,85$	Кут внутрішнього тертя при $\alpha=0,95$	Кут внутрішнього тертя при $\alpha=0,85$	Початковий тискмк просідання	Питомий опір під наусом зонду	Порядковий № класифікації згідно ДБН Д.2.2-2-1-99	
			Долі одиниці				г/см ³			МПа	Град	кПа	г/см ³		кПа		Град		кПа	МПа			
			W	I_p	I_L	e	S_r	ρ	P_s	P_d	E	ϕ	C	ρ_I	ρ_{II}	C_I	C_{II}	ϕ_I	ϕ_{II}	$P_{поч}$	q		
	1	Шар ґрунто-рослинний																					
t IV	1a	Насипний ґрунт																				4,9	
vd III pc	2	Пісок дрібний				0,63		$\frac{1,74}{2,09}$	2,65	1,63	18,5	32	2	$\frac{1,65}{2,02}$	$\frac{1,69}{2,05}$	1	2	29	32			6,1	29a
vd III pc	3	Лісоподібний супісок,	0,11	0,03	$\frac{<0}{2,11}$	0,58	0,51	$\frac{1,86}{2,04}$	2,66	1,68	$\frac{8,5}{4,5}$	19	15	$\frac{1,82}{2,02}$	$\frac{1,83}{2,02}$	10	15	16	19	28	2,1	36б	
e III df	4	Суглинок e III df (похований ґрунтово-рослинний шар)	0,22	0,11	$\frac{0,68}{1,46}$	0,97	0,61	$\frac{1,68}{1,86}$	2,68	1,37	$\frac{10}{3}$	15	12	$\frac{1,65}{1,85}$	$\frac{1,66}{1,85}$	8	12	14	15	100	0,8	35a	
vd III bg	5	Лісоподібний супісок, vd III bg	0,22	0,07	$\frac{0,27}{2,04}$	0,90	0,64	$\frac{1,70}{1,87}$	2,67	1,41	$\frac{20}{4,5}$	16	15	$\frac{1,68}{1,87}$	$\frac{1,69}{1,87}$	9	14	15	15	134	0,5	35б	
e III pl	6	Суглинок гумусований e III pl (похований ґрунтово-рослинний шар)	0,25	0,10	$\frac{0,55}{1,60}$	0,94	0,70	$\frac{1,78}{1,89}$	2,68	1,38	$\frac{11,5}{4}$	15	14	$\frac{1,73}{1,87}$	$\frac{1,75}{1,88}$	9	14	14	15	145	0,6	35б	
f II dn	7	Суглинок флювіогляціальний	0,19	0,09	0,35	0,56	0,91	$\frac{2,07}{2,09}$	2,68	1,73	10,0	18	19	$\frac{2,03}{2,07}$	$\frac{2,05}{2,08}$	12	19	15	18		1,4	35в	
f II dn	7a	Суглинок флювіогляціальний, текучопластичний	0,23	0,08	0,91	0,56	1,11	$\frac{2,08}{2,06}$	2,68	1,73	8,5	16	13	$\frac{2,03}{2,03}$	$\frac{2,05}{2,04}$	8	13	13	16		1,1	35в	
f II dn	8	Супісок флювіогляціальний	0,22	0,06	0,48	0,61	0,96	$\frac{2,04}{2,05}$	2,67	1,68	13,0	25	14	$\frac{2,02}{2,04}$	$\frac{2,03}{2,04}$	9	14	21	25		2,6	36в	
f II dn	8a	Супісок флювіогляціальний, текучий	0,23	0,06	0,91	0,69	1,00	$\frac{1,99}{1,98}$	2,69	1,59	4,0	21	6	$\frac{1,99}{1,99}$	$\frac{2,00}{2,00}$	4	6	18	21		0,8	36в	
g II dn	9	Супісок морений	0,17	0,06	0,26	0,43	1,09	$\frac{2,18}{2,17}$	2,68	1,89	46,0	30	21	$\frac{2,15}{2,15}$	$\frac{2,16}{2,16}$	14	21	26	30		11,3	36a	
lg II dn	9a	Супісок озерно-льодовиковий	0,22	0,06	0,55	0,62	0,96	$\frac{2,03}{2,04}$	2,67	1,66	19,0	25	14	$\frac{2,01}{2,03}$	$\frac{2,02}{2,03}$	9	14	21	25		13,6	36a	
lg II dn	10	Суглинок озерно-льодовиковий	0,21	0,13	0,07	0,55	1,01	$\frac{2,12}{2,10}$	2,70	1,76	16,0	25	37	$\frac{2,06}{2,08}$	$\frac{2,08}{2,09}$	24	37	21	25		2,3	35a	
N	11	Глина	0,20	0,22		0,54	1,01	$\frac{2,13}{2,13}$	2,74	1,79	28,0	24	59	$\frac{2,12}{2,12}$	$\frac{2,12}{2,12}$	39	59	20	24		4	8д	

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Ділянка відноситься до підтоплюваних. При значних атмосферних опадах та під час сніготанення вода може піднятися до глибини 1,4 м.

Підтоплення можливе також при витоках із гідрокомунікацій. Водопорними горизонтами, на яких може формуватися «верховодка», є ґрунти ІГЕ - 4, 6. Потік ґрунтових вод направлений з північного заходу на південний схід. Згідно зі СНіП 2.03.11 – 85 [3] вода до всіх марок бетонів і цементів, арматури залізобетонних конструкцій неагресивна. Тип ґрунтових вод гідрокарбонатно-кальцієвий, який може змінитися за рахунок витоків із каналізації.

Під час забудови, при асфальтуванні ділянки істотно зменшиться природне випарування, яке може становити близько 520 мм за рік. Через це може з'явитися надлишок вологи, що приведе до підвищення рівня ґрунтових вод, а воно зумовить зміну консис-тенції глинистих різновидів відкладень, зменшення механічних властивостей їх, виникнення просідних явищ. Ці фактори вимагають облаштування водовідведення та гідроізоляції стрічкових (якщо вони будуть) фундаментів та підвалів.

Згідно з класифікацією СНіП 1.02.07 – 87 [4] дана оцінка категорій складності інженерно-геологічних умов дослідженої ділянки.

За геоморфологічними факторами вона віднесена до I категорії складності, за геологічною будовою – до III, за гідрологічними умовами-до I, за наявністю сучасних фізико-геологічних процесів – до II, за наявністю специфічних ґрунтів – до II.

Загалом ділянка досліджень за складністю інженерно-геологічних умов відноситься до II категорії.

Висновки відповідно до статті. За результатами виконаних досліджень встановлено, що товща ґрунтів у розрізі та на площі неоднорідна.

1. Ґрунти ІГЕ-3-6 просідні при додаткових навантаженнях.

2. Ґрунтові води, які встановлені на глибині 4,2-8,1 м, при інтенсивних атмосферних опадах і таненні снігу можуть піднятися до глибини 1,4 м до причорноморського горизонту (ІГЕ-2,3). Під час експлуатації будинків можлива поява верховодки на ґрунтах ІГЕ-4,6.

3. При проектуванні будівель, споруд через можливе підтоплення території потрібно передбачити гідроізоляцію фундаментів і підлог підвалів, регулювання поверхневого стоку, облаштування водонесучих комунікацій для запобігання втрати води.

Вода до всіх марок бетонів і цементів, арматури залізобетонних конструкцій неагресивна.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.2.1-5-96 (ГОСТ 20522-96). Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань. [Чинні від 1997-01-01]. Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. 24 с. URL: https://dnaop.com/html/34115/doc-ДСТУ_Б_В.2.1-3-96.

2. ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96). Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості. [Чинні від 1997-01-01]. Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. 102 с. URL: www.accbud.ua/gost1/dstu/15/ДСТУ%20Б%20В.2.1-4-96.doc.

3. Защита строительных конструкций от коррозии: СНиП 2.03.11-85. [Дата введения 1986-01-01]. Москва: Госстрой СССР, 1986. 56 с. URL: online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=4273.

4. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва: ДБН А.2.1-1-2008. [Чинні від 2008-07-01]. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. 126 с. URL: https://dbn.at.ua/_ld/11/1167_DBNInzhenerniv.pdf.

References

1. Osnovy ta pidvalyny budynkiv i sporud. Hrunty. Metody statystychnoyi obrobky rezultativ vyprobuvan [Fundamentals and foundations of buildings and structures. Soils Methods of statistical processing of test results]. (1997). DSTU B V.2.1-5-96 (HOST 20522-96) from January 1, 1997. Kyiv: Derzhavnyi komitet Ukrainy u spravakh mistobuduvannia i arkhitektury. Retrieved from https://dnaop.com/html/34115/doc-ДСТУ_Б_В.2.1-3-96 [in Ukrainian].

2. Osnovy ta pidvalyny budynkiv i sporud. Grunty. Metody laboratornoho vyznachennya kharakterystyk mitsnosti i deformovanosti [Basics and foundations of buildings and structures. Soils Methods of laboratory determination of durability and deformation characteristics]. (1997). DSTU B V.2.1-4-96 (HOST 12248-96) from January 1, 1997. Kyiv: Derzhavnyi komitet Ukrainy u spravakh mistobuduvannia i arkhitektury. Retrieved from www.acebud.ua/gost1/dstu/15/ДСТУ%20Б%20В.2.1-4-96.doc [in Ukrainian].

3. Zashchyta stroitelnykh konstruksii ot korrozii [Protection of building structures against corrosion]. (1986). SNiP 2.03.11-85 from January 1, 1986. Moscow: Gosstroj SSSR. Retrieved from online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=4273 [in Russian].

4. Vyshukuvannya, proektuvannya i terytorialna diyalnist. Vyshukuvannya. Inzhenerni vyshukuvannya dlya budivnytstva [Surveying, designing and territorial activities. Succession Engineering surveys for construction]. (2008). DBN A.2.1-1-2008 from July 1, 2008. Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy. Retrieved from https://dbn.at.ua/_ld/11/1167_DBNInzhenernivu.pdf [in Ukrainian].

UDC 624-057(477.51)

Volodymyr Ivanyshyn, Viktor Buhay

ENGINEERING-GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE SITE (MICRODISTRICT "MASANY" IN CHERNIHIV) BETWEEN THE KRASNOSELSKY AND GLEBOV STREETS FOR THE CONSTRUCTION OF MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDINGS

Relevance of the topic. Engineering-geological researches for the construction of any object obligatory therefore are always relevant.

Formulation of the problem. The distribution, thickness and lithology of Quaternary sediments on the territory of Chernihiv often change by area in the incision (on depth), what is dangerous in the construction of various buildings or structures. To provide the fastness of constructed objects, it is necessary to study in detail the geological conditions of construction before the start of the construction.

Analysis of recent researches and publications. Publications that relate to the topic of the article are missing.

Emphasizing of previously unexplored parts of a common problem. A common complex problem that is not sufficiently solved for the territory of Chernihiv, Chernihiv region is the distribution, thickness and lithology of the Quaternary sediments.

Statement of a task. Detailed researches of the geological structure of the site in microdistrict "Masany" in Chernihiv between the Krasnoselsky and Glebov streets (to Andrusenko Street) for the construction of multi-storey residential buildings.

Statement of the main material. According to geomorphological features, the site of work is located on the Chernigov-Gorodnya moreno-zander plain. The geological incision of the site to a depth of 18 m is composed of modern man-made, upper- and mid-Quaternary, Neogene sediments. In it, according to the results of drilling, static sounding and laboratory research, 11 engineering-geological elements were identified. The area of research on the complexity of engineering and geological conditions belongs to the second category.

Conclusions according to the article. According to the results of the studies performed, it has been established that the thickness of the soil (sediment) in the section and in area is not uniform. Soils IGE-3-6 subside with additional loads. Groundwater, which is located at a depth of 4.2 - 8.1 m, during intense precipitation and melting snow can rise to a depth of 1.4 m. When designing buildings and structures, there is possibility of flooding of the territory therefore, it is necessary to provide for waterproofing foundations and basements, water regulation of surface runoff, arrangement of water-carrying communications in order to prevent water losses. Water is non-aggressive to all brands of concrete and cement, reinforcement of reinforced concrete structures.

Keywords: sediment; soils; horizons; engineering-geological elements; well; static sounding; groundwater.

Fig.: 7. **Table:** 2. **References:** 4.

Іванишин Володимир Андрійович – доктор геологічних наук, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, 14035, м. Чернігів, Україна).

Ivanyshyn Volodymyr - Doctor of Geological Sciences, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: gkz.kaf@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2394-1837>

Бугай Віктор Григорович – начальник відділу, ТОВ «Чернігівбудрозв'язування» (вул. Рокоссовського, 22, кв. 49, м. Чернігів, 14032, Україна).

Buhay Viktor – Head of Department, Ltd. «Chernihivbudrozviduvannya» (22 Rokoscovsky Str., apt. 49, 14032 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: 691040@ukr.net

*Nataliia Buiskykh***DEFORMATION OF ROUND PINE ASSORTMENT
OF CONSTRUCTION SIZE**

Urgency of the research. Study of wood behavior under load will allow us to deepen our understanding of technological processes and evaluate performance characteristics of finished product.

Target setting. Knots are the main flaw that forming defects. Their influence on strength and deformation of small diameter wood has not been studied yet. Therefore, determination of indicators for wood mechanical properties with defects, taking in consideration their moisture content will allow to determine beams design in wooden structures.

Actual scientific researches and issues analysis. There are some studies today how to determine mechanical state of wood under different methods of load application. However we don't have publications which examine the issues of applying load to samples of construction dimensions with defects.

Uninvestigated parts of general issues defining. Construction is one of the main wood consumer. It is known that wood structures can come as round wood of coniferous and hardwood. The presence of wood flaws such as knots and cracks affects its strength significantly. It should be noted that experimental and theoretical results of studies of wood flaws influence on its strength refer only to the presence of knots in lumber. Dependence of round timber strength characteristics on flaws and wood moisture content is not well understood. In this regard it becomes necessary to determine these dependencies and opportunity to use small diameter logs in building structures.

The research objective. The main purpose of this study is to present some results of experimental investigation of how deformation of small diameters round pine assortment depends on presence of knots and moisture content under compression parallel to grain.

The statement of basic materials. This article presents some study results about a pattern of deformation development in small diameters round pine assortments depending on size of knots and wood moisture content. Deformation was higher in test samples with knots and moisture content above saturation limit of cell walls than in control samples. The lower deformation was observed in dry samples with $W - 16-18\%$ as well as in samples with the knots. Total value of residual deformation of dry wood is determined. It should be noted that dry wood has residual deformation after 30th loading cycle.

Conclusions. It is determined that under application of compressive static load along the grain with the upper compression limit which is lower than conditional limit of proportionality the process of deformation for wood with knots and without knots is almost the same. The control samples were deformed less and deformation value of samples with knots had higher numerical value and increased with the size of the knots.

Keywords: wood, round logs, knot, loading along the grain, deformations

Fig.: 3. Table: 1. References: 10.

Introduction. Wood has been used since ancient times as a building material. Its strength can compete considerably with steel, exceeding steel's thermo technical parameters. The wood perfectly withstands compressed and tensile states. The operational quality of wood quite often results in deformations taking into consideration the time factor and exposure to loads. Study of wood behavior under load application will allow us to deepen our understanding of technological processes and evaluate performance characteristics of finished product. It will give us opportunity to use small cross-section wood for structural elements efficiently.

Target setting. Knots are the main flaw that forming defects. Their influence on strength and deformation of small diameter wood has not been studied yet. Therefore, determination of indicators for wood mechanical properties with defects, taking in consideration their moisture content will allow to determine beams design in wooden structures.

Actual scientific researches and issues analysis. The study of wood strength under lasting loads and its deformations were conducted by some scientists such [1-8]. The studies [9] have shown that lasting use of wood largely depends on operating conditions. The necessity of calculation of timber structure elements has led to a number of studies concerning the impact of reloads on wood deformation.

For the first time the detailed studies have been conducted by Y. M. Ivanov [2, 3] for different mechanical conditions of the wood when deformations are proportional to the strain and beyond of elastic stress, i.e. irreversible changes and permanent deformations occur. The test were carried out on small samples without defects. Research of deformation of circular cross-section wood of construction dimensions with defects was not conducted. Thus this study objective was to investigate deformation dependence on knots and moisture content of the round assortments of small diameter pine.

Uninvestigated parts of general issues defining. Construction is one of the main wood consumer. It is known that wood structures can come as round wood of coniferous and hardwood. The presence of wood flaws such as knots and cracks affects its strength significantly. It should be noted that experimental and theoretical results of studies of wood flaws influence on its strength refer only to the presence of knots in lumber. Dependence of round timber strength characteristics on flaws and wood moisture content is not well understood. In this regard it becomes necessary to determine these dependencies and opportunity to use small diameter logs in building structures.

The research objective. The main purpose of this study is to present some results of experimental investigation of how deformation of small diameters round pine assortment depends on presence of knots and moisture content under compression parallel to grain.

The statement of basic materials. The studies have been conducted to identify the patterns of deformation development. Work samples were selected in two regions of Ukraine (conditionally designated as 1st region and 2nd region). Growth conditions and age of the trees were approximately the same. The age of trees was about 50-60 years. Samples were cut from dead crown area of the trees. It was provided 15 logs totally. They were used for samples making.

All samples were divided into lots, diameters fluctuation of the logs was 14–24 cm, for the knots it was 40–73 mm, the height of the samples was equal to two diameters [10]. Each lot of samples contained a control group without defects. During the testing some samples were dried to moisture content of 16–18 %. Bark was removed from logs for even drying. Drying was carried out in a heated premises. At the same time some part of samples exceeded a fiber saturation point. The test were conducted on the test machine UMM 200 (Figure 1).

Elastic deformation of control samples was observed in the first cycle. These deformations gradually decreased during subsequent cycles of loading and disappeared after the 20th cycle.



Fig. 1. Testing machine UMM-200

Diagram of deformation was recorded in P coordinates deformation during the test. A special measuring complex was used to record compression diagram. To measure deformation of samples II shaped electromechanical strain gauges with movement measurement bases are used for measuring samples deformation. The strain gauge consisted of rigid stand, two elastic elements with glued-on strain gages and special knives for mounting on the measuring object. The measuring complex was pre-calibrated using certified dynamometer DOS-100.



Fig. 2. Electromechanical strain gauge

Strain gauge was attached to sample with special elastic threads. In a case of changing the sample size as a result of its loading by compressive force the distance changed between the points of contact of strain gauge knives and sample cuts. At the same time there was a bending of elastic elements on which strain gages were glued. Before testing, the diameters of samples were measured, base of deformation measurements was marked and showed 80 and 100 mm.

According to the test procedure the samples were loaded slowly. Then load was gradually removed and loading was stopped after reaching the upper limit of loading. The load was applied to the samples 30 times during this test. Each succeeding cycle of loading took place after samples unloading and resting for 5 min.

The voltage at the upper level was assumed to be equal to 16,5 MPA which corresponded to average 0,68 of conditional level of proportionality and 0,55 level of strength, obtained from our previous test.

Both lots of control samples with moisture content of $W > 30\%$ had less deformation value after first cycle of loading than the samples with knots and we observed it's decrease in the next cycle. Deformation of the samples from the second region showed decrease by 8.1% from the first to the thirty cycles, and for the first region control samples respectively by 8.5%. Deformation of the samples with the knots $d = 39 - 40$ mm were higher than control ones by 6.3 – 7.1% at the end of the testing and decreased by 5.8 – 6.1%. Deformation of the samples with the knots $d = 69 - 70$ mm were higher by 8.7– 10.9% compared to control samples and decreased by 6.3 – 6.6% at the end of the testing.

Deformation of the samples with the knots also increased with increase of the knots size and was 1,5 times higher compared to control samples. Deformation occurred in each cycle after unloading and its value was approximately the same. Deformation was always present after the load was removed from the sample then it completely disappeared after “rest” for 40 – 60 min and samples returned to their original size (Table 1).

Total value of permanent deformation of dry wood after the 1st cycle of loading is higher almost 2 times than all control wet wood and for the samples with knots $d = 41 - 42$ mm is 1.5 times higher, and samples with the knots $d = 71 - 73$ mm is higher by 18% (Figure 3).

Table 1

Wood deformation under compression along the grain during repeated static load application, $W > 30\%$

1st	2nd	5th	10th	20th	30th
ε					
1st region					
Control samples					
23.14 * / 1.90 *	21.52 / 0.90	21.48 / 0.65	21.41 / 0.37	21.45 / 0	21.49 / 0
Samples with knots d = 40 mm					
24.78 / 2.26	23.95 / 2.06	23.47 / 1.99	23.43 / 1.84	23.24 / 1.66	23.27 / 1.51
Samples with knots d = 69 mm					
25.63 / 3.20	25.19 / 3.03	24.85 / 2.16	24.81 / 2.11	24.57 / 2.05	24.03 / 2.01
2nd area					
Control samples					
23.17 / 1.63	21.60 / 1.00	21.50 / 0.60	21.37 / 0.40	21.42 / 0	21.45 / 0
Samples with knots d = 39 mm					
24.63 / 2.22	23.88 / 2.02	23.42 / 1.83	23.39 / 1.80	23.22 / 1.60	23.21 / 1.49
Samples with knots d = 70 mm					
25.69 / 3.22	25.21 / 3.07	24.89 / 2.19	24.83 / 2.00	24.60 / 1.98	24.10 / 1.97

* – in numerator - deformation under load

* – denominator - after removal of the load

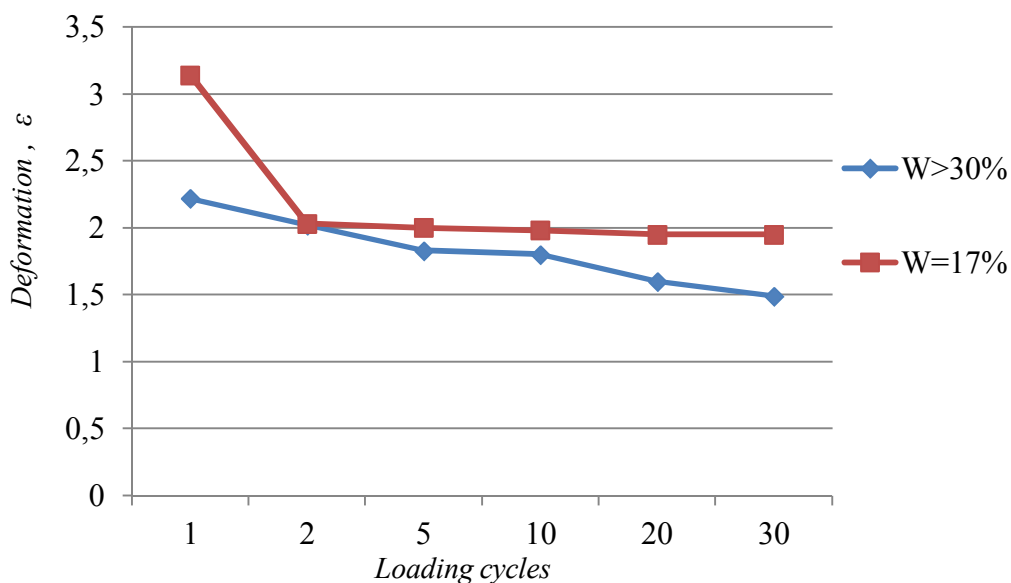


Fig. 3. Wood deformation with the knots $d = 39 - 41$ mm after unloading at different moisture content for example samples from the first region.

Complete and permanent deformations of the samples with knots have a smaller value. Obviously the knot which has a higher density works as a wedge that reduces wood deformation. V. N. Volynskii [7] noticed the reinforcing role of the knots for boards.

Conclusions. This paper presents the results of an experimental research and analyses indicating that under repeated application of compressive static load along the grain with upper compressive limit which is lower than conditional limit of proportionality the process of wood deformation with the knots and without them is almost the same.

The value of deformation of control samples in all lots were less than for control samples with knots and slightly increased after the first cycle of loading. It remained almost unchanged after then. The control samples were deformed less, deformation value of the samples with knots had a greater number and increased with the larger sizes of the knots.

References

1. Beliankin, F. P. (1939). *Mekhanicheskie kharakteristiki duba i sosny pri raznykh gidrotermicheskikh sostoianiiah* [Mechanical descriptions of oak and pine-tree at the different hydrothermal states]. Kyiv: Akad. nauk Ukr. SSR [in Russian].
2. Ivanov, Yu. M. (1950). Rabota drevesiny pod deistviem povtornoї staticheskoї zagruzki [Work of wood under the action of the repeated static load]. *Issledovaniia po dereviannim konstruksiiam – Wooden construction research*, 34-45 [in Russian].
3. Ivanov, Yu. M. (1952). Deformatsia drevesini pod deistviem povtornoї staticheskoї nagruzki pri shsatii vdol volokon [Deformability of wood under the action of the repeated static load at a compression along fibres]. *Sbornik CNIIPS. Voprosi prochostii izgotovlenii dereviannykh konstruksii – Strength issues for the manufacture of wooden structures*, 23, 7–47 [in Russian].
4. Leontev, N. L. (1962). *Vliianie vlazhnosti na fiziko-mekhanicheskie svoistva drevesiny* [Influence of humidity on physico mechanical properties of wood]. Moscow: Goslesbumizdat [in Russian].
5. Levchenko, V. P. (1974). Deformativnost drevesiny sosny stroitelnykh razmerov s suchkami pod deistviem povtornoї staticheskoї nagruzki [Deformability of wood of pine-tree of building sizes with bitches under. by the action of the repeated static load]. *Lesovodstvo i lesovedenie – Forestry and silvics*, 109–114 [in Russian].
6. Tuturin, C. V. (2003). O razmere obraztsa pri postroenii teorii prochnosti drevesiny [About the size of standard at the construction of theory of durability of wood]. *Sbornik nauchnykh statei doktorantov i aspirantov MGUL – Collection of scientific reasons of докторантов and graduate students of MSU*. Moscow [in Russian].
7. Volynskii, V. N. (2006). *Vzaimosviaz i izmenchivost pokazatelei fiziko-mekhanicheskikh svoistv drevesiny* [Intercommunication and changeability of indexes fizuko-mechanical properties of wood]. Arhangel'sk: AGTU [in Russian].
8. Buislykh, N. V. (2013). Features of parallel to graine deformation in pine structural roundwood under rate increasing loading. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*, 81, 27–29 [in English].
9. Kurianova, T., Platonov, A., Fedotkin, N., Fokina, I. (2012). Issledovanie prochnosti drevesini pri dlitelnoi postoiannoї nagruzke [Research of durability of wood at the protracted quiescent load]. *Lesotekhnicheskii jurnal – Forestry Journal*, 2, 7–9 [in Russian].
10. Levchenko, V. P. (1978). Vliianie suchkov na predel prochnosti pri szhatii vdol volokon drevesiny sosny stroitelnykh razmerov [Influence of knot on tensile strength at a compression along the fibres of wood of pine-tree of building sizes]. *Lesnoi zhurnal – Forestry Journal*, 3, 84–86 [in Russian].

References (in language original)

1. Белянкин Ф. П. Механические характеристики дуба и сосны при разных гидротермических состояниях. Киев: 1939.
2. Иванов Ю. М. Работа древесины под действием повторной статической нагрузки. *Исследования по деревянным конструкциям*. 1950. С. 34-45.
3. Иванов Ю. М. Деформация древесины под действием повторной статической нагрузки при сжатии вдоль волокон. Сборник ЦНИИПС. Вопросы прочности изготовления деревянных конструкций. 1952. № 23. С. 7–47.
4. Леонтьев Н. Л. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины. Москва: Гослесбумиздат, 1962. 113 с.
5. Левченко В. П. Деформативность древесины сосны строительных размеров с сучками под действием повторной статической нагрузки. *Лесоводство и лесоведение*. 1974. С. 109–114.
6. Тутурин С. В. О размере образца при построении теории прочности древесины. *Сборник научных статей докторантов и аспирантов МГУЛ*. Москва, 2003.
7. Волынский В. Н. Взаимосвязь и изменчивость физико-механических свойств древесины: монография. Архангельск: АГТУ, 2000. 196 с.
8. Buislykh N. V. Features of parallel to graine deformation in pine structural roundwood under rate increasing loading. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*. 2013. № 81. P. 27–29.
9. Курьянова Т. К., Платонов А. Д., Федоткин Н. М., Фокина И. С. Исследование прочности древесины при длительной постоянной нагрузке. *Лесотехнический журнал*. 2012. № 3. С. 84–86.
10. Левченко В. П. Влияние сучков на предел прочности при сжатии вдоль волокон древесины сосны строительных размеров. *Лесной журнал*. 1978. № 3. С. 84–86.

УДК 630.812.78:630.812

Наталія Буйських

**ДЕФОРМАТИВНІСТЬ КРУГЛИХ СОРТИМЕНТІВ СОСНИ
БУДІВЕЛЬНИХ РОЗМІРІВ**

Актуальність теми дослідження. Вивчення поведінки деревини під навантаженням дасть змогу поглибити уявлення про протікання технологічних процесів та дати оцінку експлуатаційним характеристикам готової продукції.

Постановка проблеми. Вплив основних сортоутворюючих вад, а саме – сучків, на міцність та деформативність стовбурів малих діаметрів майже не досліджувався. Тому визначення показників механічних властивостей деревини з вадами, з урахуванням їх вологості, дозволить визначити розрахункові опори в конструкційних елементах дерев'яних споруд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні існують дослідження з визначення механічного стану деревини за різних способів прикладання навантаження, проте відсутні публікації, де висвітлювалися б питання прикладання навантаження до зразків будівельних розмірів із вадами.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Одним з основних напрямів використання деревини є будівництво. Відомо, що деревні конструкції можуть бути у вигляді круглих лісоматеріалів хвойних і листяних порід. Наявність вад деревини (сучків, тріщин) істотно впливає на їхню міцність. Треба зазначити, що експериментальні й теоретичні результати досліджень впливу вад деревини на її міцність відносяться лише до наявності сучків у пиломатеріалах. Залежність міцнісних показників круглих лісоматеріалів від вад і вологості вивчена недостатньо. У зв'язку з цим виникла необхідність визначення цих залежностей і можливості використання колод малих діаметрів у будівельних конструкціях.

Метою статті є визначення залежності деформації круглих сортиментів сосни малих діаметрів від розмірів сучків і вологості при стискуванні уздовж волокон.

Виклад основного матеріалу. У статті наведені результати дослідження закономірностей розвитку деформацій круглих сортиментів сосни малих діаметрів від розмірів сучків і вологості деревини. У зразків із сучками і з вологістю вище за межу насичення клітинних стінок деформація була вища, ніж у контрольних. У сухих зразках, з W 16-18 % відмічено менше значення деформації як для контрольних зразків, так і для зразків із сучками. Визначені загальна величина залишкових деформацій сухої деревини. Необхідно зауважити наявність залишкових деформацій у сухій деревині після 30-го циклу навантаження.

Висновки відповідно до статті. Встановлено, що за дії повторного статичного навантаження під час стискування уздовж волокон із верхньою межею навантаження нижче умовної межі пропорційності процес розвитку деформації деревини без сучків і з сучками практично однаковий. Контрольні зразки деформувалися менше й величина деформації зразків із сучками мала більше чисельне значення і зростала зі збільшенням розмірів сучків.

Ключові слова: деревина; колоди; сучок; навантаження вздовж волокон; деформація.

Рис.: 3. Табл.: 1. Бібл.: 10.

Buiskykh Nataliia – PhD in Technical Science, senior teacher, Department of Technology and Design of Wood Products, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., 03041 Kyiv, Ukraine).

Буйських Наталія Володимирівна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технологій та дизайну виробів з деревини, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна).

E-mail: nataby@meta.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3229-7235>

**ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАЧІ РУКОПИСІВ
НАУКОВИХ СТАТЕЙ ДО НАУКОВОГО ЖУРНАЛУ
«ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**

Шановні дописувачі!

Для подання статті необхідно спочатку надіслати на електронну адресу tst.technical.sj@gmail.com Вашу статтю, рецензію та довідку про автора (ів) для попереднього розгляду редакційною колегією журналу «Технічні науки та технології».

Після отримання позитивного відгуку прохання сплатити вартість публікації і відправити весь пакет документів.

Для публікації статті у журналі «Технічні науки та технології» необхідно в обов'язковому порядку подати:

- електронний варіант статті, оформленої за зразком;
- рецензію на статтю за підписом доктора наук;
- довідку про авторів;
- квитанцію (скановану) про сплату вартості публікації наукової статті.

Опублікування наукових статей у журналі «Технічні науки та технології» є платним. Вартість публікації 1 сторінки наукової статті становить **55 грн** (прохання обов'язково уточнювати вартість публікації). Оплата підтверджується квитанцією.

**УМОВИ ПУБЛІКАЦІЇ, ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ, РЕКВІЗИТИ
ОПЛАТИ ТА ОСТАННІ НОМЕРИ НАУКОВОГО ЖУРНАЛУ «ТЕХНІЧНІ НАУКИ
ТА ТЕХНОЛОГІЇ» РОЗМІЩЕНО НА САЙТІ ЧЕРНІГІВСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ:**

<http://tst.stu.cn.ua/>

Контактна інформація.

Матеріали необхідно надсилати на адресу: 14035, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95, корп. 1, к. 242 (науково-дослідна частина).

Контактна особа: **Кормило Ірина Миколаївна.**

Тел. роб.: (0462) 66-51-15

Тел. моб.: (093) 592-78-12

E-mail: tst.technical.sj@gmail.com

**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 тощо).

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 2 (16)

Відповідальний за випуск
Коректор
Комп'ютерна верстка і макетування

С. П. Сапон
О. С. Смєлова
Т. М. Колот

Підписано до друку 02.07.2019. Формат 60×84/8. Друк різнографія.
Ум. друк. арк. – 26,04. Тираж 100 пр. Замовлення № 473/19.

Редакційно-видавничий відділ Чернігівського національного технологічного університету
14035, 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.