



SCIENCE
JOURNAL

MODERN

ENGINEERING AND
INNOVATIVE
TECHNOLOGIES

'2023

ISSUE №26

Part №1



International periodic scientific journal

—*ONLINE*

www.moderntechno.de



Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 87.25)

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Issue №26

Part 1

April 2023

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

Editor: Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*
Scientific Secretary: Kuprienko Sergey, *PhD in technical sciences*

Editorial board: More than 200 doctors of science. Full list on page:
<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/about/editorialTeam>

Expert Board of the journal: Full list on page:
<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/expertteam>

The International Scientific Periodical Journal "**Modern engineering and innovative technologies**" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Each article in the journal includes general information in English.

The journal is registered in IndexCopernicus, GoogleScholar.

UDC 08

LBC 94

DOI: 10.30890/2567-5273.2023-26-01

Published by:

Sergeieva&Co

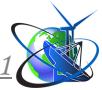
Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@moderntechno.de

site: www.moderntechno.de

Copyright
© Authors, scientific texts 2023



УДК 621.56/.59:623.8.01/.08

CREATION OF A UNIFIED REFRIGERATION SYSTEM WORKING ON DIFFERENT REFRIGERANTS**СТВОРЕННЯ УНІФІКАЦІЙНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРАЦЮЧОЇ НА РІЗНИХ ХОЛОДОАГЕНТАХ****Konstantynov I.O. / Константинов І.О.***PhD student / аспірант.*

ORCID: 0000-0002-9862-7236

Sazanskyi A.R. / Сазанський А.Р.*PhD student / аспірант.*

ORCID: 0009-0007-8434-7851

Khmelniuk M.G. / Хмельнюк М.Г.*d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-9310-1286

*Odessa National Technological University, Odessa, Kanatna, 112, 65039**Одеський національний технологічний університет, Одеса, Канатна, 112, 65039*

Анотація. Використання в системах охолодження холодоагентів з низьким ПГП стає все більш поширеним завдяки термічним характеристикам і меншим їх впливом на навколишнє середовище. У цьому дослідженні проводиться порівняння характеристик таких холодоагентів як R452a, R404a, R290 в одній системі охолодження. Дослідження проводилися при параметрах 3-го кліматичного класу (T_{оc} - 25°C / HR_{оc} - 60%). При проведенні досліду на порівняння холодильних агентів в холодильну систему по чергово заправлялися холодильні агенти в послідовності (R404a/R452a/R290), та після задання параметрів роботи холодильний агрегат вмикався в мережу. В продовж проведення замірів електроенергії зняті показання манометрів та теплові показники холодильної системи, згідно яких було побудовано графік роботи системи впродовж циклу. І відповідно до графіків виходить наступне. Температура нагнітання, впродовж активного періоду роботи стабільна та варується в межах: R404a – 75-72.1 °C; R452a – 74.8-71 °C; R290 – 70.1-66.8 °C. Температура мастила компресора не перевищує 50 °C що відповідає технічним вимогам. Отримані температури початку конденсації, відповідно холодильним агентам протягом активного періоду холодильної машини наближені показам манометрів. Дані результати означають що перегрів знімається повністю, і в конденсаторі відбувається лише фазовий перехід холодильного агента. Значення температур початку конденсації: R404a – 39-36,6 °C; R452a – 40,4-36,9 °C; R290 – 38,6-34,6 °C. Результати експерименту показали, що найвищі значення COP в системі для R452a, R404a, R290 становлять 3,13, 3,02, та 3,19 відповідно. Заключенням такого дослідження стає підтвердження можливості повного переходу від хлор- та бром- містких газів на природні аналоги з GWP= 0. Паралельно виявлено порівняно низьку енергоефективність холодильного агента R404a. R452a хоч і відповідає повній взаємозаміні з R404a без зміни мастил чи компресорів та не являється енергоефективним холодильним агентом. Окрім того R452a являється високовартісним холодильним агентом з GWP= 2140, що свідчить про заборону його використання з 2022 року.

Ключові слова: Холодильна система, Холодильний агент, гідрофторвуглеці, навколишнє середовище, вуглеводні

1. Вступ

Холодильні системи дуже важливі через різноманітні сфери їх застосування, починаючи від медицини та теплового комфорту людини до промислових процесів, таких як зберігання харчових продуктів. Швидко



зростання населення світу спричинило зростання попиту на холодильне обладнання та кондиціонери. Холодильні системи є однією з основних причин споживання енергії у світі, і 30 % світового виробництва енергії витрачається на ці системи. Паризька угода 2015 року та Кігальська поправка до Монреальського протоколу (стосовно F-газів) 2016 року підкреслили значне скорочення використання гідрофторвуглеців (ГФУ). З цієї причини використання екологічно безпечних холодоагентів є необхідним і актуальним як ніколи. Вуглеводні (HCs) є природними та екологічно чистими холодоагентами. Вони мають нульовий ODP і низький GWP порівняно з HFC. Такі холодоагенти, як R290 (пропан), R600a (ізобутан) і R1270 (пропілен), можна віднести до групи HCс. Відомо, що високі значення горючості HCс є найбільшим недоліком цього типу рідини, і це призводить до обмеження кількості холодоагенту. В даній статті у якості природнього холодильного агента був використаний R290(пропан) який був порівняний з більш шкідливими до навколишнього середовища холодильними агентами такими як R452a та R404a нижче у таблиці 1 показані характеристики даних холодильних агентів.

Таблиця 1. Порівняння вибраних холодильних агентів

Холодильний агент	Тип	GWP (100 років)	ODP	Критична точка, t°C	Критична точка, p Бар
R452a	HFO	2140	0	74.9	40.02
R404a	HFC	3260	0	72	37.31
R290(пропан)	Природній	3	0	96.7	42.5

Отже дана робота присвячена порівнянню R404a (GWP= 3260) та R452a (GWP= 2140) з природнім холодильним агентом R290 пропан (GWP= 3), проведенню аналіз та порівняння трьох холодильних агентів (R404a; R452a; R290) їхні теплофізичні властивості та споживання електроенергії при однакових параметрах холодильної системи. Для виявлення чи здатні природні холодильні агенти бути таким ж ефективними як і їх більш шкідливі попередники.

2. Основна частина.

2.1. Уніфікація холодильної системи

Проведення порівняльного аналізу роботи холодильних агентів на уніфікованій холодильній системі. За для проведення аналізу було вибрано морозильну скриню M200V™ТОВ «ЮКА-Інвест» дана модель виконана з двома холодильними системами працюючими на R404a та R290. Для проведення лабораторного дослідження було проведено аналіз холодильних систем з урахуванням теплових навантажень з конструкційними особливостями холодильної системи та конструкцією морозильної скрині. Основні результати розрахунку занесені до порівняльної таблиці 2.

Базуючись на отриманих результатах розрахунку холодильної системи можна прийти до висновку що система може працювати на різних холодильних



агентах, про те, необхідно звернути увагу на потужність передконденсатора яка при переході на R290 зменшилась.

Таблиця 2. Розрахункові параметри холодильної системи

Холодильний агент	R404a	R290
Q_0 - Сумарне теплове навантаження	0,091 кВт	0,094 кВт
$Q_{км}$ - Розрахункова потужність компресора	0,128 кВт	0,119 кВт
$Q_{РТО}$ - Потужність РТО	0,011 кВт	0,009 кВт
$Q_{в}$ - Навантаження на випарник	0,092 кВт	0,093 кВт
$Q_{ПКД}$ - Потужність передконденсатора	0,193 кВт	0,174 кВт
$Q_{КД}$ - Потужність конденсатора	0,027 кВт	0,038 кВт
$M_{хол.аг}$ – кількість хол.агенту в системі	0,134 кг	0,068 кг
C_d – пропускна здатність капілярної трубки	5,37 Літри/хв.	7,45Літри/хв.

По при невелику розбіжність, розраховані об'єми холодильного агента в холодильній системі, та пропускну здатність дроселюючого елементу наближено рівні дійсним значенням отриманим математичним шляхом.

При зміні холодильного агента, без заміни дроселюючого елементу, є можливість урегулювання роботи холодильної системи кількістю холодильного агента (при таких маніпуляціях існують обмеження заправки перенаповненням випарника та переохолодженням холодильного агента в конденсаторі). Можливість такого врегулювання може бути використане лише в капілярному холодильному обладнанні та в незначній мірі.

В конструкції ларя працюючого на R290, в відрізьку між випарником та РТО виявлено змонтований в систему докипач рідини 8 (рис.1а), який запобігає волого ходу компресора. Даний елемент змонтований з огляду на теплофізичні властивості R290. Натомість випарник холодильної системи працюючої на R404a складався з дев'яти витків, а R290 восьми.

Капілярна трубка в даних випадках відрізняється для R290 довжина складає $L=2550\text{mm}$ з внутрішнім діаметром $0,64\text{mm}$ та пропускною здатністю $7,1\text{ л/хв.}$, в той час як для R404a $L=3800\text{mm}$ з внутрішнім діаметром $0,7\text{mm}$ та пропускною здатністю $5,8\text{ л/хв.}$

Конструкція конденсатора що була змонтована на корпусі холодильної системи з R404a також була на один виток більшою на відміну від R290.

Передконденсатор в обох випадках виконаний зі сталевий оцинкованої труби діаметром 4.7mm та омивався потоком повітря $\approx 4.5\text{ м/хв.}$

В порівнянні компресори за даними каталогу EMBRACO

Виходячи з даних параметрів можна стверджувати що компресори мають схожі характеристики. Про те всі компресори що працюють на пропані повинні мати сертифікат відповідності, та відповідати протипожежним нормам, що значить будь який компресор що працює на R404a, в даному випадку EMBRACO, може бути замінений компресором серіїU, при умові



відповідності інших технічних характеристик. Всі інші комплектуючі холодильної системи та конструкція ларів не відрізняється між собою.

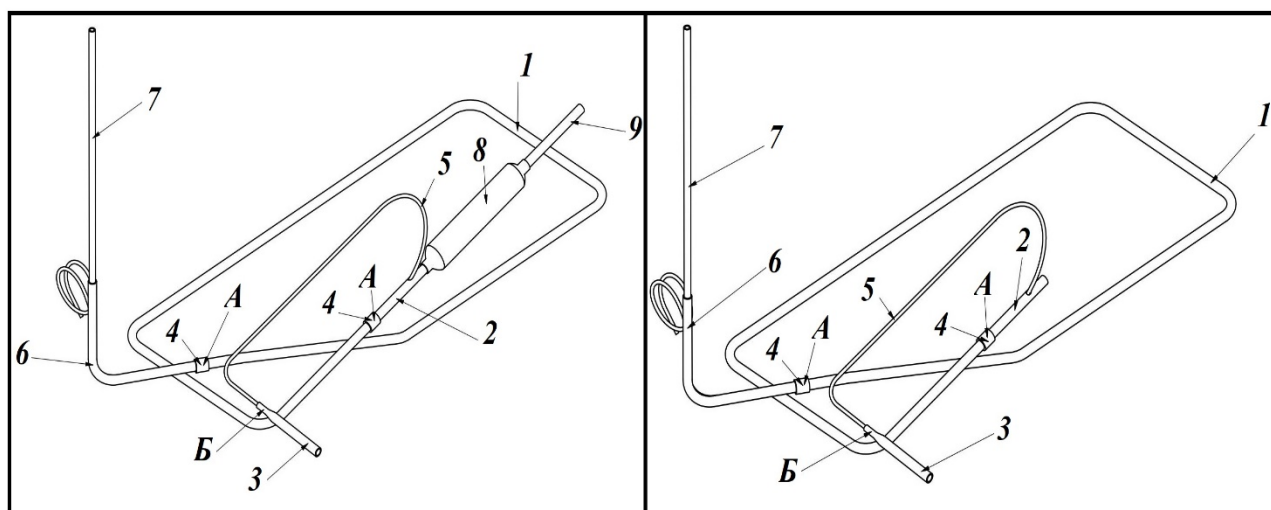


Рисунок 1. – Порівняння РТО

а) Рекупративний теплообмінник для R290, б) Рекупративний теплообмінник для R404a

- 1) Трубка магістралі (зовнішня трубка РТО) Ø8x1mm L=1450mm; 2) Трубка з виходом капілярної трубки Ø8x1mm L=70mm; 3) Трубка редуційна для з'єднання з випарником; 4) З'єднання Lokrikg; 5) Трубка магістралі капілярна (Трубка перехідна із входним отвором для капілярної трубки) Ø8x1mm L=120mm; 7) Трубка з'єднання з компресором Ø6x1mm L=250mm; 8) Докипач холодильного агента 24x140 mm; 9) З'єднуюча трубка Ø8x1mm L=200mm.

Таблиця 3. Технічні характеристики компресорів

Model	DISP cm ³	HP	Voltage/frequency	Appl	Rated point EN12900 -35°C / 40°C		Motor type	Fan air flow m ³ /h	Oil charge cm ³	Oil type
					Capacity range w	Efficiency range w/w				
EMT2117GK	4.50	1/4	220-240v 50Hz 1	LBP	141	1.09	CSIR	-	180	POE 22
EMT2121U	5.57	1/4	220-240v 50Hz 1	LBP	159	1.23	CSIR	-	180	POE 22

Отже для створення уніфікованого науково-дослідницького стенду було оцінено дві холодильні системи що працюють на різних холодильних агентах. В ході порівняння визначено що в РТО (R290), для запобігання потрапляння до кожуха компресора холодильного агента в рідкій фазі, встановлено буфер, про те в системі що працює на R404a випарник має на один виток більше що також збільшує об'єм лінії низького тиску та теплообмінну площу. З огляду на призначення цих теплообмінників в стенд монтовано випарник на 8 витків, а докипач рідини вилучено з системи.



Також, виходячи з розрахунку, спостерігається зменшення потужності передконденсатора при роботі на R290. Такі результати обумовлені теплофізичними властивостями пропану. Вирішенням даної проблеми слугує заміна даного теплообмінника зі сталюого на мідний з діаметром трубки 6mm.

Але така маніпуляція, при роботі на R404a може призвести до початку конденсації холодильного агенту в передконденсаторі, а як наслідок підвищенню гідравлічного супротиву та зміні параметрів конденсації. З огляду на вище вказані твердження було прийнято рішення встановити на дослідницький стенд конденсатор з шести витків сталюї трубки. Така маніпуляція дозволить закрити однією конструкцією для відводу теплоти холодильну систему що матиме змогу працювати на різних холодильних агентах, але збільшить навантаження на корпус морозильної скрині. (додаткове навантаження, при роботі на R290 повинно компенсуватися восьмим витком випарника, а на R404a збільшеною потужністю передконденсатора.)

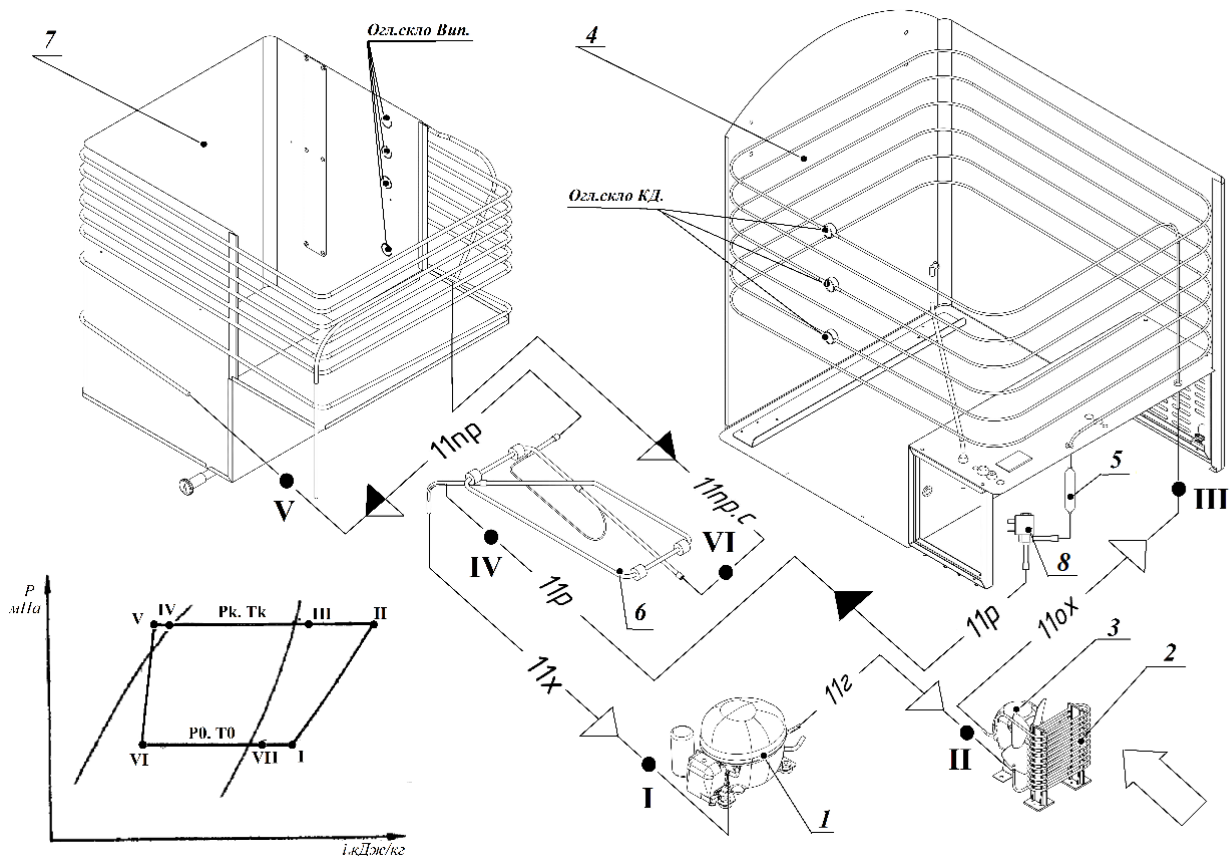


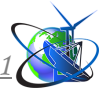
Рисунок 2. Схема уніфікованої холодильної системи науково-дослідницького стенду M200V.

Елементи системи:

1. Компресор; 2. Передконденсатор; 3. Вентилятор; 4. Листотрубний випарник; 5. Фільтр-осушувач; 6. РТО; 7. Листотрубний випарник; Соленоїдний клапан.

Умовні позначення:

- $I_{г}$ – гарячі пари хол. агенту; $I_{ох}$ – Охолоджені пари хол. агенту; $I_{р}$ – Рідкий холодильний агент; $I_{пр}$ – переохолоджена паро-рідинна суміш; $I_{пр.с}$ – паро-рідинна суміш; $I_{х}$ – холодні пари хол. агенту



Процеси системи:

I-II – Стиснення парів холодильного агента в компресорі; II-III – Зняття перегріву з гарячих парів хол. агента в передконденсаторі; III-IV – Конденсація охолоджених парів в листотрубному конденсаторі; IV-V – переохолодження хол. агента в РТО; V-VI – Дроселювання та переохолодження хол. Агента капілярною трубкою в РТО; – Випаровування холодильного агента в листотрубному випарнику; VI- VII ; – Випаровування холодильного агента в листотрубному випарнику; VII-V– перегрів хол. агента в РТО.

2.2. Порівняння холодильних агентів.

При проведенні дослідів на порівняння холодильних агентів стенд та умови навколишнього середовища були налаштовані аналогічно першій його частині.

В Холодильну систему по чергово заправлялися холодильні агенти в послідовності (R404a/R452a/R290), та після задання параметрів роботи холодильний агрегат вмикався в мережу.

У відповідності з нормами проведення дослідів над торговим холодильним обладнанням, всі заміри знімалися після виходу ларя в режим роботи. В ході експерименту отримані наступні результати:

В продовж проведення замірів електроенергії зняті показання манометрів та теплові показники холодильної системи, згідно яких побудовано графік роботи системи впродовж циклу.

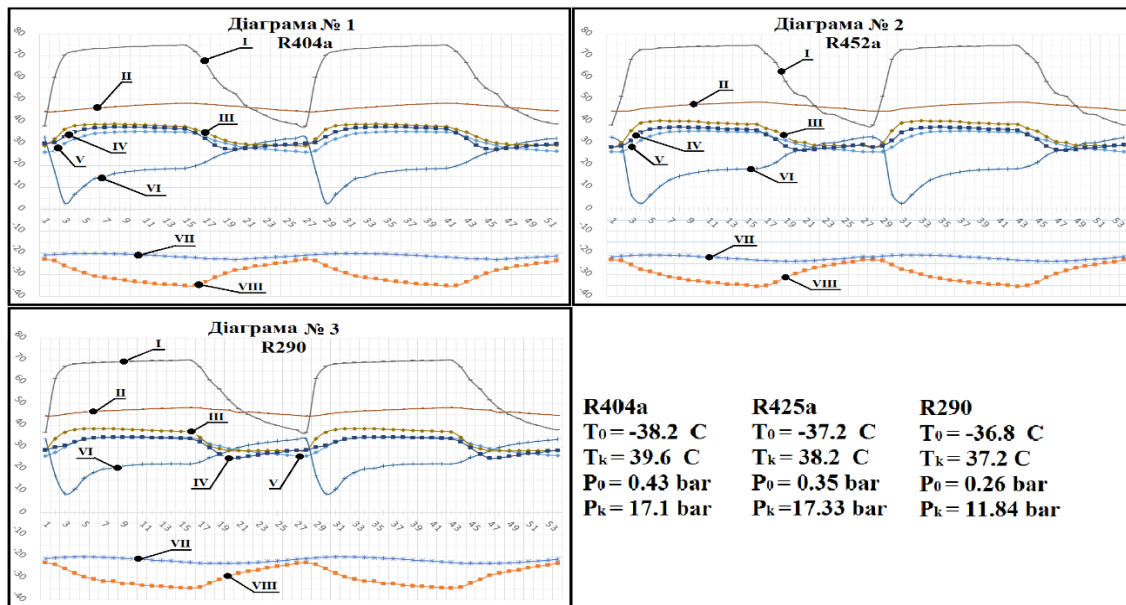


Рисунок 3. – Параметри роботи стенда на досліджуваних холодильних агентах.

I – Графік зміни температури нагнітання ($T_{наг}$); II – Графік зміни температури мастила компресора ($T_{км}$); III – Графік зміни температури початку конденсації ($T_{п.кд.}$); IV – Графік зміни середнього значення температури конденсатора ($T_{кд.}$); V – Графік зміни температури кінця конденсації ($T_{к.кд.}$); VI – Графік зміни температури всмоктування в компресор ($T_{всм}$); VII – Графік зміни температури в охолоджуваному об'ємі ($T_{кам}$); VIII – Графік зміни середнього значення температур випарника ($T_{вип}$).



Розглядаючи та порівнюючи графіки можна зробити наступні висновки:

✓ Температура нагнітання, впродовж активного періоду роботи стабільна та варується в межах: R404a – 75-72.1 °C; R452a – 74.8-71 °C; R290 – 70.1-66.8 °C.

✓ Температура мастила компресора не перевищує 50 °C що відповідає технічним вимогам.

✓ Отримані температури початку конденсації, відповідно холодильним агентам протягом активного періоду холодильної машини наближені показам манометрів. Дані результати означають що перегрів знімається повністю, і в конденсаторі відбувається лише фазовий перехід холодильного агента. Значення температур початку конденсації: R404a – 39-36,6 °C; R452a – 40,4-36,9 °C; R290 – 38,6-34,6 °C.

✓ Температура конденсатора на графіку становить середнє значення температур шести витків конденсатора та відповідає наступним температурам: R404a – 36,2-35,3°C; R452a – 36,9-25,3°C; R290 – 35,5-34,1°C.

✓ Температура кінця конденсації. Дана температура знімається з нижньої частини фільтра осушувача, та її значення дещо вище за значення температури конденсатора. Таке явище пояснюється розміщенням фільтра в компресорному відсіку, де температура об'єму підвищена за рахунок тепловідводу від предконденсатора та компресора. Отримані результати становлять: R404a – 37,6-34,9°C; R452a – 37,5-33,9°C; R290 – 34,7-32,5°C.

✓ Температура всмоктування трубопроводу впродовж циклу є нестабільною, впродовж неактивного періоду холодильної системи в контурі через капілярну трубку вирівнюються тиски ($P_k=P_0$), це призводить до кипіння хол. агента в конденсаторі, та конденсації його в випарнику. Дане явище пояснює падіння температури на контурі високого тиску нижче температури оточуючого середовища.

✓ На початку активної фази холодильної системи та заповненому випарнику рідким холодильним агентом відбувається часткове його википання на в РТО. Цей процес спричиняє різке падіння температури на трубопроводі всмоктування до діапазону 10...0 °C на 3-5 хвилині активної фази. Таке явище сприяє поверненню мастила до компресора та нормальному його кругообігу в системі і підтверджує відповідність кількості холодильного агента системі.

✓ На при кінці активної фази хол. системи температура тримається стабільно нижчою температурою від оточуючого середовища та немає тенденції до зниження, такий результат свідчить про нормально заповнений випарник та відповідність РТО холодильній системі.

✓ Задану температуру контролює контролер з запрограмованими параметрами температури дорівнюють -23 °C а параметр гістерезису відповідає 0.5 при таких параметрах температура в охолоджуваному об'ємі знаходиться в межах -23 °C та варується близько 3-4°.

✓ Температури випарника, аналогічно температурам конденсатора знімалися з восьми витків та виводилася на графік як середнє арифметичне значення. Дані температури наближено рівні температурам кипіння, а їхні мінімальні значення становлять: R404a – (-36)°C; R452a – (-37)°C; R290 – (-36) °C



Повний перелік отриманих результатів експерименту внесений в зведену таблицю №34

По закінченню періоду кожного експерименту (24год.), зняті покази аналізатора мережі.

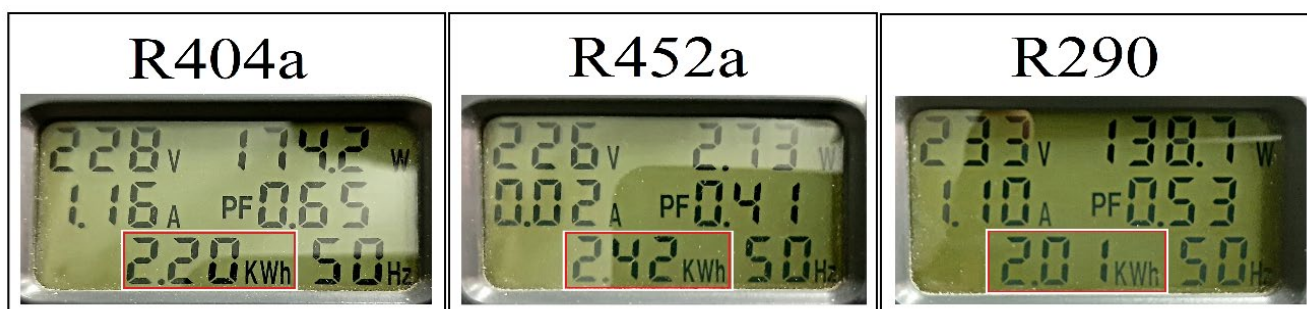


Рисунок 4. – Параметри енергоспоживання протягом 24 годин.

Отримані результати енергоспоживання в повні мірі відповідають логічним заключенням після аналізу температурних показників, показам манометрів та аналітичним дослідом теплофізичних властивостей даних холодильних агентів.

В ході проведених дослідів були виконані експериментальні температурні та енергетичні порівняння холодильних агентів різних типів. В результаті аналізу отриманих показників виявлено позитивні та негативні фактори кожного з них.

Таблиця 4. Зведена таблиця результатів експерименту.

Умовне позначення	Період роботи		Період простою		Період роботи		Період простою		Період роботи		Період простою		Одиниці виміру
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	
Хол. агент	R404a				R452a				R290				
Т кд.	36,2	26	35,3	25,4	36,9	25,5	35,6	25,3	35,5	25,2	34,1	25,3	оС
Т вип	-21	-36	-22	-36	-21	-37	-21	-36	-22	-36	-22	-35	оС
Т кам	-20,3	-21,9	-21,4	-23,1	-21	-23,4	-21,7	-23,9	-20,1	-22,7	-21,2	-23,3	оС
Т всм	32,9	2,8	32,4	19,8	33	2,6	32,8	19,5	33,8	8,8	33,7	23,4	оС
Т км	48,5	44,6	48,4	45	49	44,7	48,8	45,1	48,3	44,3	48,1	44,7	оС
Т наг	75	38,1	72,1	39	74,8	38,3	71	38,4	70,1	36,8	66,8	37,9	оС
Т п.кд.	39	29,1	36,6	29,2	40,4	28,1	36,9	29,1	38,6	28,8	34,6	28,5	оС
Т к.кд	37,6	30,1	34,9	27,3	37,5	28,3	33,9	27	34,7	28,8	32,5	25	оС
t цикл	15		12		16		12		16		12		Мин.
МХОЛ. АГ	95				105				75				Грам
Покази манометрів													
ТО	-38,2		~~~~~		-37,2		~~~~~		-36,8		~~~~~		оС
РО	0,43		~~~~~		0,35		~~~~~		0,26		~~~~~		бар
Тк	39,6		~~~~~		38,2		~~~~~		37,2		~~~~~		оС
Рк	17,11		~~~~~		17,33		~~~~~		11,84		~~~~~		бар



Покази аналізатора мережі													
Pn	186	155	2,6	2,3	192	152	2,7	2,5	163	134	2,7	2,4	Вт
I	1,24	1,1	0,02	0,03	1,2	1,08	0,02	0,03	1,12	1,05	0,02	0,02	А
U	220-230												В
f	50												Гц
Ne	2,20				2,42				2,01				кВт/ 24год
Розрахункові параметри													
Kt цикл	0,55				0,57				0,57				
COP	3,02				3,13				3,19				
EEl	58				55				46				%
EES	E				E				D				
CO2 EQ	0,37				0,23				0				t

Умовні позначення

T_{кд.} – Середнє значення температур конденсатора; *T_{вип.}* – Середнє значення температур випарника; *T_{кам}* – температура випарника;
T_{всм} – температура всмоктувального трубопроводу; *T_{км}* – температура кожуха компресора в зоні заповнення мастилом; *T_{наг}* – температура нагнітального трубопроводу; *T_{п.кд.}* – температури початку конденсації;
T_{к.кд} – Температура кінця конденсації; *t_{цикл}* – час циклу; *m_{ХОЛАГ}* – Кількість холодильного агента. *Kt_{цикл}* – коефіцієнт робочого часу; *COP* – коефіцієнт продуктивності; *EEl* – коефіцієнт енергоефективності; *EES* – клас енергоефективності *T_о* – Температура кипіння; *P_о* – Тиск кипіння;
T_к – Температура конденсації; *P_к* – Тиск конденсації; *CO2 EQ* – Еквівалент викиду CO2.

Проаналізувавши отримані результати із зведеної таблиці побудована гістограма для візуального аналізу ключових параметрів.

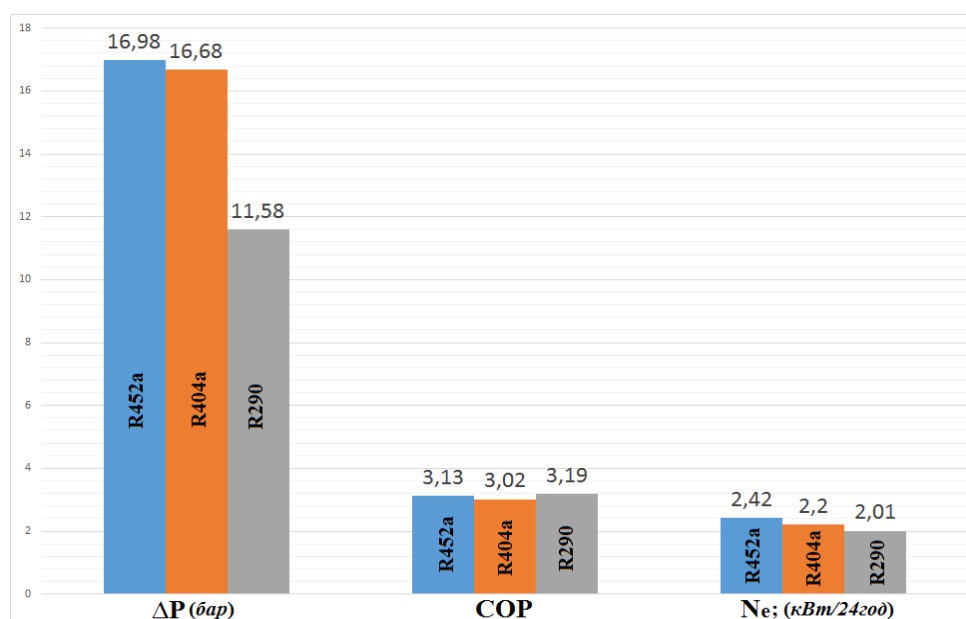


Рисунок 5. – Порівняльний аналіз холодильних агентів



Висновки

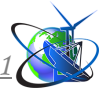
Висновком такого дослідження стає підтвердження можливості повного переходу від хлор- та бром містких газів на природні аналоги з GWP= 0. Паралельно виявлено порівняно низьку енергоефективність холодильного агента R404a. R452a хоч і відповідає повній взаємозаміні з R404a без зміни мастил чи компресорів та не являється енергоефективним холодильним агентом. Окрім того R452a являється високовартісним холодильним агентом з GWP= 2141, що свідчить про заборону його використання з 2022 року.

Порівнюючи R290 очевидна його перевага по енергоефективності та собівартість. До переваг R290 також можна віднести його моногамність, а отже, як показує дослід, і рівність його, температури в рідкій фазі, в об'ємі теплообмінника. Однак до його недоліків при переході можна віднести потребу в заміні мастил в системі та вибухонебезпечність. Ще одним недоліком пропану є обмеження по його кількості в системі та потребу в дотриманні норм безпеки при конструюванні і експлуатації.

Незважаючи на перераховані недоліки R290 залишається найперспективнішим аналогом R404a в низькотемпературній техніці. В сфері торгового холодильного обладнання не виявлено значних проблем при заміні холодильних агентів а отже, як показує дослід, і рівність його, температури в рідкій фазі, в об'ємі теплообмінника капілярні холодильні системи залишаються перспективними на світовому ринку холодильного обладнання.

Список використаної літератури

1. Sarbu, I. (2014). A review on substitution strategy of non-ecological refrigerants from vapour compression- based refrigeration, air-conditioning and heat pump systems. *International Journal of Refrigeration*, 46, 123-141.
2. Jia, S. (2009). Evaluation of HCFC alternative refrigerants. *Heatcraft Worldwide Refrigeration*.
3. Mohanraj, M., Jayaraj, S., & Muralidharan, K. (2009). Environmentally friendly alternatives to halogenated refrigerants - a review. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 3(1), 108-119.
4. McMullan, J. T. (2002). Refrigeration and the environment—issues and strategies for the future. *International Journal of Refrigeration*, 25(1), 89-99.
5. Lampugnani, G., & Zgliczynski, M. (1996). R290 as a Substitute of R502 and R22 in Commercial Refrigeration and Air Conditioning, *International Compressor Engineering Conference Paper* 1087.
6. I.P.Mishchuk, V.M. Rebitsky trade organization
7. Arustamov E. A. Equipment of enterprises.
8. The equipment of enterprises of trade and public catering: Full course: a textbook. Ed. Prof. VA Gulyaeva: INFRA-M, 2002.-543s .- (Series of "Higher Education")
9. Nair V. HFO refrigerants: A review of present status and future prospects. *Int J Refrig* 2021;122:156–70. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.10.039>.
11. United Nations Environment Programme (UNEP). Montreal Protocol, 1987. 1987.



12. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Kyoto Protocol, 1997. 1997.

13. European Commission. Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006 Text with EEA relevance. Official Journal of the European Union, 57:195–230, 2014. ISSN 1558-9447.

14. Harby K. Hydrocarbons and their mixtures as alternatives to environmental unfriendly halogenated refrigerants: An updated overview. Renew Sustain Energy Rev 2017;73:1247–64.

Annotation. *The use of low GWP refrigerants in cooling systems is becoming more and more common due to their thermal characteristics and lower environmental impact. This study compares the characteristics of such refrigerants as R452a, R404a, R290 in one cooling system. The research was conducted at the parameters of the 3rd climate class ($T_{oc} - 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. / $HR_{oc} - 60\%$). When conducting an experiment on the comparison of refrigerants, refrigerants were alternately filled in the refrigeration system in sequence (R404a/R452a/R290), and after setting the operating parameters, the refrigeration unit was connected to the network. During the electricity measurements, pressure gauge readings and thermal indicators of the refrigerating system were taken, according to which the schedule of the system's operation during the cycle was constructed. And according to the graphs, the following is obtained. The injection temperature, during the active period of operation, is stable and varies within: R404a – $75\text{--}72.1\text{ }^{\circ}\text{C}$; R452a – $74.8\text{--}71\text{ }^{\circ}\text{C}$; R290 – $70.1\text{--}66.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. The temperature of the compressor oil does not exceed $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, which meets the technical requirements. The obtained temperatures of the beginning of condensation, according to the refrigerants during the active period of the refrigerating machine, are close to the readings of the manometers. These results mean that overheating is removed completely, and only the phase transition of the refrigerant occurs in the condenser. Values of temperatures of the beginning of condensation: R404a – $39\text{--}36,6\text{ }^{\circ}\text{C}$; R452a – $40,4\text{--}36,9\text{ }^{\circ}\text{C}$; R290 – $38,6\text{--}34,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. The results of the experiment showed that the highest COP values in the system for R452a, R404a, R290 are 3.13, 3.02, and 3.19, respectively. The conclusion of such research is the confirmation of the possibility of a complete transition from chlorine- and bromine-containing gases to natural analogues with $GWP = 0$. At the same time, the relatively low energy efficiency of the refrigerant R404a was revealed. Although R452a is fully interchangeable with R404a without changing lubricants or compressors, it is not an energy-efficient refrigerant. In addition, R452a is a high-cost refrigerant with a GWP of 2140, which means that its use will be banned from 2022.*

Key words: Refrigeration system, Refrigerant, hydrofluorocarbons, environment, hydrocarbons

Стаття відправлена: 08.03.2023

@ Константинов І.О. Сазанський А.Р., Хмельнюк М.Г.



UDC 62-988:620.162:621.31

**INVESTIGATION OF MAGNETIC PROPERTIES OF DIAMOND
COMPOSITES WITH THE ADDITION OF N-LAYER GRAPHENE**
**ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛМАЗНИХ КОМПОЗИТІВ З
ДОБАВКОЮ N-ШАРОВОГО ГРАФЕНУ**

Sokolov O.M. / Соколов О.М.*c.t.s., dep. head depart. / к.т.н., заст. зав. від.*

ORCID: 0000-0003-3783-0545

Harhin V.H. / Гаргін В. Г.*c.t.s., sen. res. / к.т.н., с.н.с.*

ORCID: 0000-0003—3962-8826

*V. Bakul Institute for superhard materials of NAS of Ukraine,**Kyiv, Avtozavodska, 2, 04074**Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,**Київ, Автозаводська, 2, 04074*

Abstract: The paper presents the results of studying the magnetic properties by magnetometry using a vibrating magnetometer "Vibrating Magnetometer 7404 VSM" of diamond polycrystals obtained by sintering diamond powders with the addition of n-layer graphene at high pressures. The presence of a hysteresis loop indicates ferromagnetic properties in the samples. The nature of these properties and the prospects for using such diamond composites with the addition of n-layer graphene in medicine and biology are discussed.

Key words: diamond composite, graphene, high pressure, sintering, hysteresis, ferromagnetic properties

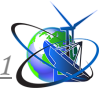
Introduction

The development of modern science and technology requires the creation of materials that work reliably under the influence of force and temperature fields, aggressive media, deep vacuum and high pressure. One of the promising ways to improve materials for various functional purposes with the ability to adjust them in a wide range is the development and creation of composite materials, including nanostructured ones.

Due to the unique properties of diamond (hardness, high thermal conductivity and low coefficient of friction), the tool, equipped with working elements made of composite polycrystalline material based on diamond powders with sintering additives, has been actively implemented in many industries for more than half a century [1]. The study of the regularities of controlling the process of forming the structure of diamond polycrystalline composite materials opens up opportunities to create materials with the necessary combination of hardness, thermal conductivity, strength, wear resistance, and electrical resistance depending on the areas of their application. To produce such diamond polycrystalline composite materials, methods for their production under high pressure and temperature conditions using activating additives of various physico-chemical nature have been developed.

One of the directions of development of polycrystalline composite materials is the production of special-purpose composites, in particular with increased electromagnetic characteristics.

It is known that pure diamond in terms of electrical properties is an insulator and



is diamagnetic (with the exception of varieties that have paramagnetic properties, as well as in some diamond crystals, magnetic properties are due to inclusions with increased magnetic permeability), which introduces restrictions on the scope of its application. But when sintering diamond powders with activating additives, it becomes possible to influence the electromagnetic properties of the polycrystal in a certain way. In particular, diamond composites with high electrical conductivity were obtained in [2]. This effect was achieved by adding graphene to the sintering charge, a material that has recently become one of the most attractive materials as a secondary phase in diamond polycrystalline composite materials.

The aim of this paper is to study the magnetic properties of a diamond polycrystalline material obtained by sintering diamond powders of various origins with the addition of n – layer graphene at high pressures.

Materials, equipment and research methods

For the production of diamond polycrystals, micro-powders of diamonds are used, which have two origins and origin: natural and obtained by synthesis using high-pressure technology (synthetic diamonds).

Micro-powders of natural diamonds are made by crushing low-grade natural diamonds. They consist of crystal fragments obtained as a result of diamond crushing (Figure 1) and are indicated by the letter index AM – micro-powders made from natural diamonds.



Figure 1- natural diamond micro-powder grains

Micro-powders of synthetic diamonds (Figure 2) are obtained by static or centrifugal sedimentation methods from the fine product remaining after the production of synthetic diamond grinding powders. Synthetic diamond micro-powder is indicated by the letter index DSM.

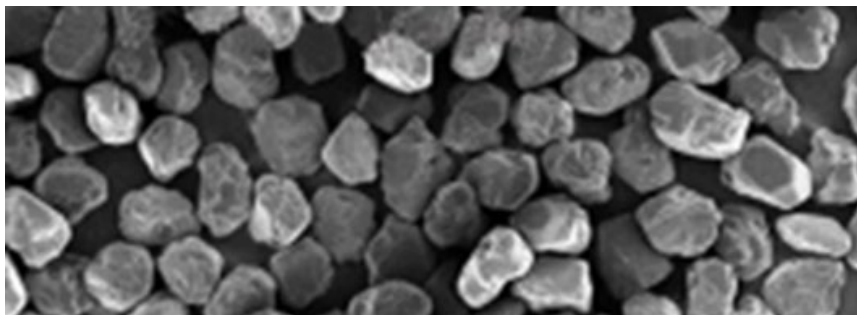
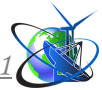


Figure 2 - DSM grade diamond micro-powder



In general, the grains of synthetic diamond micro-powders have a more developed surface. Their specific surface area is almost 1.5 times larger than that of natural ones.

In our sintering experiments, a micro-powder of synthetic diamond grade DSM with a grain size of 40/28 and a micro-powder of natural diamond with a grain size of 14/10 were used, and graphene of the Gn(4) brand (manufacturer Cheap Tubes Inc, USA) was used as an additive. Graphene of this brand is graphene nanoplates consisting of small stacks of graphene layers (less than four layers with a total thickness of less than 3 nm), which, depending on pretreatment, have a specific surface area of 700-2000 m²/g (Figure 3).

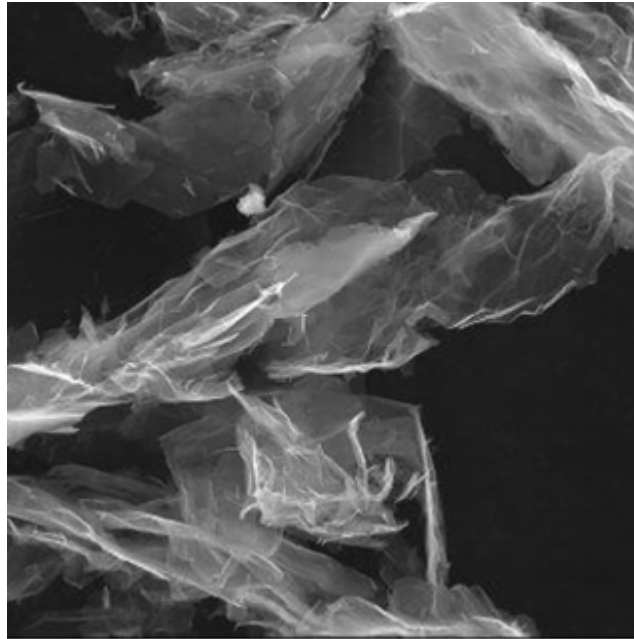
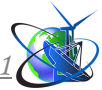


Figure 3 - Appearance of graphene scales of the Gn(4) brand

The choice of this type of graphene is because, as shown in [3], such graphene does not turn into diamond under high pressures and temperatures, even in the presence of metals that are carbon solvents and their alloys. In addition, it is known that the allotropic modification of carbon – graphene – has unique properties: the maximum electron mobility among all known materials (achieved carrier mobility of $\sim 2 \cdot 10^5 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$), high electrical conductivity of films (1738 Sm/m), huge mechanical rigidity (young's modulus $\sim 1 \text{ TPa}$), and a record high thermal conductivity of 3500-5500 $\text{Wt} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), high optical transparency ($\sim 97.7\%$). In this regard, graphene of various structures (monolayer and n-layer, where $n = 1-20$) and sizes (from micron to nanometers) are actively studied for the possibility of their use as a component capable of forming new properties of materials, while preserving or enhancing their other properties. For example, graphene's high ability to modify the surface of intergranular boundaries of composites, including diamond ones, was established. This property allows you to improve the performance characteristics of the composite and at the same time create new properties to increase wear resistance, reduce electrical resistance.

Polycrystals were sintered on a DO-043 press unit that develops a force of up to 20 MN using a high-pressure device (HPD) of the "toroid" type with a central recess



diameter of 30 mm. Sintering of the charge was carried out at a pressure of 7.0–7.5 GPa, a temperature of 1250–1350 °C. The sintering duration was approximately 200 s. After sintering, the surface of the obtained samples of composite material with a diameter of 4 mm and a height of 4.5 mm was subjected to chemical treatment in order to clean it from graphite residues.

The magnetic characteristics of the samples were studied by magnetometry using a vibrating magnetometer "Vibrating Magnetometer 7404 VSM" (manufactured by Lake Shore Cryotronics, Inc.", USA) [4] in magnetic fields with a strength of up to 13 kE. The sensitivity of the magnetometer was 10^{-7} emu, which made it possible to measure the magnetic moment of samples weighing up to units of milligrams. The mass of the studied samples was determined using AB135-S / FACT electronic microweights from autocompensation (Mettler Toledo, Switzerland). The sensitivity of the scale was 10^{-5} g.

Research results and their discussion

The results of studying the magnetic properties of the obtained diamond composite samples are shown in Figure 3 and Table 1 are given.

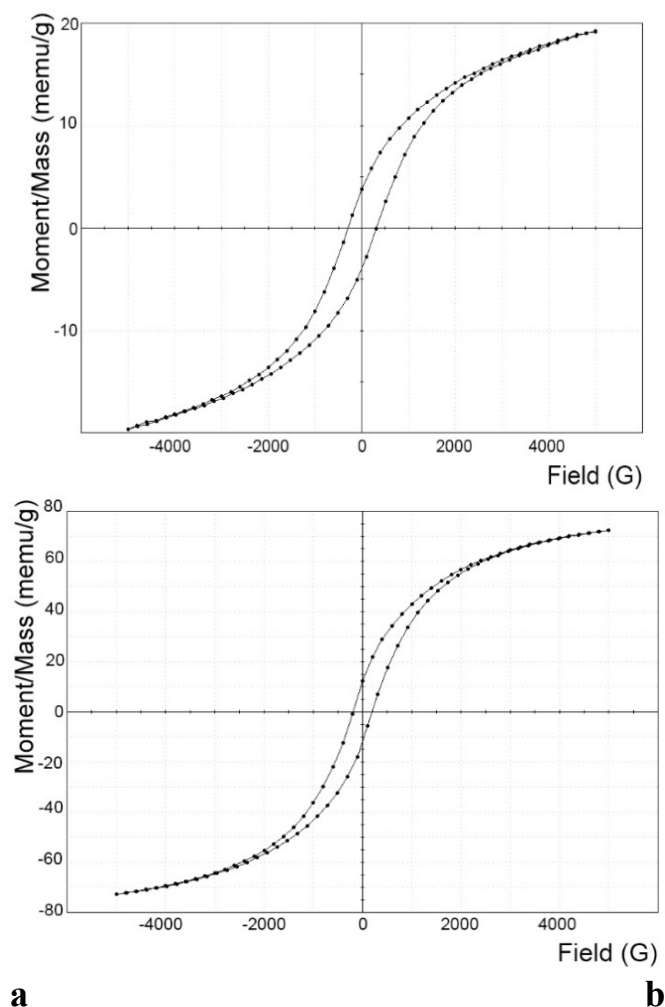


Figure 3 – Hysteresis loop in diamond composite samples of the following composition

- a** – micro-powder of natural diamond am 14/10 and 0.3% (by weight) graphene Gn (4); **b** – micro-powder of synthetic diamond AFM 40/28 and 0.5% (by weight) graphene Gn (4)



The hysteresis loop (Figure 3) indicates the presence of ferromagnetic properties in the samples. The magnetic field strength H_{ms} , at which the magnetic saturation moment m_s is achieved, in all cases is 5000 E. According to the coercive force (Table 1), the samples belong to magnetically solid materials, such as vikalla and kunife alloys, kuniko, Fe–Co–Cr, used for the manufacture of permanent magnets [5]. When the graphene content increases from 0.5% to 1.0% (by weight), the coercive force increases by about 14%; reducing the grain size of sintered diamond powders has a more significant effect: the coercive force increases by 1.4–1.6 times, while the magnetic losses determined by the area of the hysteresis loop decrease by 2.5–2.7 times

Table 1 – Magnetic properties of diamond polycrystalline composite samples of various compositions

Sample	Magnetic saturation moment m_s , emu/g	Coercive force H_c , e	Hysteresis loop area, erg/g
DSM 40/28 + 0.5% (by weight) graphene Gn (4)	$72.561 \cdot 10^{-3}$	189.79	39.66
DSM 40/28 + 1.0% (by weight) graphene Gn (4)	$75.435 \cdot 10^{-3}$	215.01	43.67
DM 10/14 + 0.3% (by weight) graphene Gn (4)	$19.423 \cdot 10^{-3}$	303.22	15.99

The nature of the manifestation of ferromagnetic properties in the studied samples can be determined by several reasons. As is known, a non-impurity diamond is a diamagnet, and the magnetic properties of real diamond powders, as well as electrical ones, depend on the presence of impurities and inclusions in them [6]. However, in recent decades, there have been publications devoted to the analysis of conditions under which carbon can exhibit ferromagnetic properties [7-9]. In particular, it has been shown that under certain extreme conditions, such as, for example, high temperatures, pressure, there is a special ordering of carbon atoms that is favorable for spontaneous magnetization.

Thus, the ferromagnetic properties of polycrystalline diamond composites obtained by us can be formed both due to the content of ferromagnetic impurities in natural diamond powders, as well as impurities and inclusions of carbon-solvent metals (Ni, Fe, Co) in synthetic diamond powders, and spontaneous magnetic ordering in nanographene layers, the appearance of which is regulated by Lattice distortions caused by electron-phonon interaction [9].

Conclusions

Consequently, the improvement of the technology for producing diamond polycrystalline composites with the addition of n-layer graphene with ferromagnetic properties will expand the scope of application of diamond composites, in particular, for creating permanent magnets.



In addition, if further experimental studies lead to reproducible results that would support the hypothesis of induced magnetism in n-layer graphene, this will open up prospects for the use of polycrystalline diamond composites with the addition of n-layer graphene in medicine and biology as unique biocompatible magnets.

References

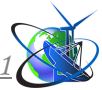
1. Synthetic superhard materials: in 3 vols. Vol. 3. Application of synthetic superhard materials / Editorial staff: N. V. Novikov (ed.) and others – Kiev: Naukova dumka, 1986. – 280 p.
2. Shulzhenko A. A., Jaworska L., Sokolov A. N., Gargin V. G., Romanko L. A. Electrophysical properties of polycrystals based on diamond and multilayer graphene // Rock Destruction and Metal Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications. Issue 19. – K.: V.N. Bakul ISM of NAS of Ukraine, 2016. – pp. 234-240.
3. Shul'zhenko A.A., Jaworska L., Sokolov A. N., Gargin V. G., Belyavina N. N. Phase transformations of n-layer graphenes into diamond at high pressures and temperatures // Journal of Superhard Materials. – 2017. – 39. – N 2. – P. 75–82.
4. Model 7404. Vibrating Sample Magnetometer – URL: <http://www.askcorp.co.kr/sub/newpro/7404.pdf>.
5. Physical properties of diamond: guide / N. V. Novikov (Ed.). Kiev: Nauk. Dumka publ., 1987, 188 p.
6. González J., Guinea F., Vozmediano M. A. H. Electron-electron interactions in graphene sheets // Phys. Rev. 2001. Vol. B 63, N 13. P. 134421.
7. Makarova T. L. Magnetic properties of carbon structures // Physics and technology of semiconductors. 2004. Vol. 38, N 6. Pp. 641-665.
8. Mielke A., Tasaki H. Ferromagnetism in the Hubbard model. Examples from models with degenerate single-electron ground states // Comm. Math. Phys. – 1993. – 158. – N 2. – P. 341–371.
9. Wakabayashi K., Fujita M., Kusakabe K., Nakada K. Magnetic structure of graphite ribbon // Czechosl. J. Phys. 1996. Vol. 46, N 4. P. 1865–1866.

Анотація: В роботі наведені результати дослідження магнітних властивостей методом магнітометрії за допомогою вібраційного магнітометра «Vibrating Magnetometer 7404 VSM» алмазних полікристалів, одержаних спіканням при високих тисках алмазних порошків з добавкою n-шарового графену. Наявність петлі гістерезису вказує на феромагнітні властивості в зразках. Обговорено природу цих властивостей і перспективи використання таких алмазних композитів з додаванням n-шарових графенів в медицині та біології.

Ключові слова: алмазний композит, графен, високий тиск, спікання, гістерезис, феромагнітні властивості

The article has been sent: 14.04.2023.

© Sokolov O.M., Harhin V.H.



UDC 623.746

ANALYSIS OF ANTI-DRONE SYSTEMS

Prytula M.O.

c.t.s., as.prof.

ORCID: 0000-0003-1577-5215

Khloba A.A.

student of the 1st year of the master's degree

Shurkhal M.Y.

*student of the 1st year of the master's degree**Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Khmelnytsky highway 95, 21021*

Abstract. *The use of drones for military and commercial purposes has grown dramatically over the past two decades, and their missions range from surveillance and reconnaissance to combat support. Technological progress has led to increased capabilities and reliability of drones, and the availability of drones has also increased dramatically.*

The methods of combating drones are analyzed. In particular, the main focus is on radio frequency methods and hand drone jammers. Existing hand drone jammers manufactured in different countries are also considered.

Key words: *drones, drone jammers, spoofing, radio frequency warfare.*

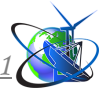
Introduction.

Over the past years, the scope of drones (or UAVs - unmanned aerial vehicles) has expanded significantly. Very often, drones appear at airports, at security facilities (detention points, military factories), and are also used to track people. A lot of people have appreciated the advantages of aerial reconnaissance and use it actively without hesitation [1].

All drone manufacturers are constantly improving them. The drone allows users to collect information about the object of interest to us almost imperceptibly from the air. An object can be a person, a group of people, an enterprise or some territory. Commercial drones are becoming more and more autonomous by moving from purely remote-controlled devices using Wi-Fi bands (2.4-5 GHz) to portable and autonomous aircraft with obstacle detection, palm launch, gesture control and capabilities tracking. Unfortunately, these new features can easily be used to commit several types of crimes, ranging from violating privacy, for example through aerial photography, undermining critical infrastructure, military bases and warehouses, or even places of mass gathering of people [2].

Understanding the above problems, in recent decades the world community has taken a number of countermeasures to prevent drones from entering restricted areas. The issue of drones being misused is a global priority. The more expensive the device, the more difficult it is to resist it, which makes the difficult task of fighting drones an unequal battle, because without special equipment, the average person has nothing to oppose the drone [1].

Thus, there is a need to develop consistent standards and rules that, on the one hand, will provide space for the development of UAV technologies and their widespread use in the economy, and on the other hand, ensure the safety of citizens and infrastructure that is of key importance for the security of the state.



Manufacturers of anti-UAV systems are constantly looking for the most effective tools to solve this problem. The main objective of this publication is to analyze existing anti-drone systems.

Analysis of anti-drone methods.

Since different objects are not equally located on the territory, don't have the same infrastructure, therefore different approaches are used to ensure that the protection is maximum, it depends on the size, security policy and other factors of the object. At the moment, there is no such system that can provide 100% anti-drone protection.

There are three types of protection:

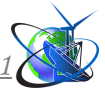
1. Preventive: restriction of use by making amendments to the legislation; warning boards in front of the territory; no-fly entered into software (geolocation data).
2. Observation and detection: radar, acoustic, optical, radio-frequency, multi-sensors and systems that are located on the object's territory.
3. Neutralization: control interception (spoofing) and radio suppression of drones, physical interception (by other drones using a net), physical destruction (lasers, weapons) [2-3].

One of the methods of neutralizing a drone is jamming. This method allows you to save the drone and get valuable information from it. A jammer can broadcast a strong jamming signal to prevent the drone's receiver from properly receiving and receiving messages from the radio frequency spectrum emitted by the source (drone user). Jamming is particularly useful for combating drones because it allows you to disrupt both the remote control and the drone's Global Positioning System (GPS). When the positioning and navigation functions are blocked, the drone goes into a safe mode - landing or returning to the original position. Today, GPS jamming is considered one of the best methods for protecting specific targets, territories, infrastructure and preventing unauthorized drone flights [4].

This technology is relatively cheap, easy to operate and can have a significant positive effect - temporarily disabling all nearby drones. These advantages are also accompanied by some significant disadvantages.

RF noise can interfere with nearby communications systems, making this jamming technology problematic in many sensitive environments, including the ability to disable authorized drones. Since the jamming effect depends on the strength of the RF noise, its resulting effect depends on the relative strength of the signals that the drone receives from the remote control and the jammer, which depends on the transmission power and the distance to the object. The jammer works only if its signal is dominant. That is, the silencer will work only when the drone is far enough from the remote control and close enough to the silencer. Also, if the drone activates the "return to home" function, its pilot will be able to resume control as soon as the drone gets close enough to the remote control. Of course, if the jammer stops transmitting, the pilot can immediately resume control.

Some types of jammers have certain strengths and weaknesses. Directional jammers provide a longer range than other types of jamming and cause less interference in the immediate vicinity. But this requires continuous transmission of



the interference signal. Directional jammers cannot effectively counter swarms of drones, which typically approach from multiple directions. A narrow beam can also become ineffective if the drone begins to turn "home" and the pilot is able to regain control and fly in a different direction or avoid the effective angle of the directional jammer.

Omni-directional jammers can deter drones from all directions and thus better deal with drone swarms. They offer a shorter range in a larger area than directional silencers. The side effect of authorized and safe drones, as well as other nearby communication systems, also increases.

Hand jammers are mobile and easy to use. The operator simply pulls out the device and points it. Disadvantages: Since this method is manual, the user must carry a portable jammer, power batteries (in a backpack) and be alert (optics are also required).

If the operator is unable to immediately activate the portable jammer or is not paying attention, the chance to neutralize the drone may be lost. Also, manual silencers operate at a low power level in order not to endanger the health of the operator, which also limits the range of the device.

This type of jammer is effective in scenarios where a specific sensitive point needs to be protected and the threat is close and within sight. This is practically useless in cases where it is necessary to protect a perimeter or border, that is, a large area, since the drone can simply fly high enough to be out of range of the manual jammer [5].

Drone developers use several frequency bands for radio control of copters. Depending on the frequency range in which the radio control of the drone will be carried out, the cost, class and tasks that it must perform are affected. Commonly used radio frequency bands are Wi-Fi 2.4-2.5 GHz, GPS L1 / Glonass L1 - 1.57-1.62 GHz, GPS L2-L5 - 1.17-1.280 GHz, 5.8G - 5, 5-6.1 GHz, 5.2G - 4.9-5.5 GHz, RC433 - 4.33 GHz, 3G - 2.11-2.17 GHz. The drone does not work at all of the above frequencies, it all depends on the model and factory settings, in some models you can change the communication channel [6].

Many of the latest drones operate on 5G cellular networks rather than traditional remote control frequencies, allowing for greater range and improved smartphone integration. This is expected to become the norm, creating problems for all types of jammer drones.

Drone spoofers look, feel, and work just like other portable drone "guns," except they don't actually block drones. As jammers broadcast noise to make radio signals unintelligible, spoofers intercept radio signals to take control of drones, forcing them to stop. This is done by transmitting compatible signals with sufficient strength to replace the source [7].

One of the main jammer's problems is that they are inaccurate. They often jam other electronic devices such as radios and navigation systems.

Analysis of existing hand jammers.

Based on the results of the analysis of existing hand jammers, some jammers can be marked. We can cite the UAV Scrambler 300 model manufactured by Iding Design (Figure. 1, a), which uses a design of three antennas (Figure. 1, b), which can



create directional interference at operating frequencies including 2,4 GHz, 5,8 GHz and GPS L1/L2, which allows you to suppress the signals of various types of drones [8].



Figure 1 - Appearance of the UAV Scrambler 300 model (a) and body components (b).

The frequency selector button can control three different frequencies to achieve separate or simultaneous interference, equipped with a built-in 3000mAh battery that provides up to 1 hour of continuous operation. It has a compact size and is easily installed on a stand or tripod. [8].

Another of the analyzed models is the UAV-D04JAI. Designation and detailed description of parts of the UAV-D04JAI model is shown in Figure. 2 and in Table 1 [9]. Operating frequencies: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDouB1, 2.4 GHz 5.8 GHz. The power at different frequencies is different, as is the width of the main lobe of the antenna, for example, at a frequency of 2.4 GHz, the transmission power will be 50.05 dBm, with a beam width of 29 degrees horizontally and 25 vertically [9]. This also applies to all other models of hand jammers on the market.

Table 1 - Components of the UAV-D04JAI

No	Part name	Function
1	Power adapter interface	Connecting the adapter
2	Main unit	Control center
3	Battery	Powering the device
4	Antenna	Signal transmission
5	RF switch	Turns transmission off/on
6	Stock	Auxiliary element
7	Indicator of radio frequency, power status	Determination of the current state
	Power button	Off/On
	Mode switch button	D - Home flight mode L - Forced landing
	Power setting button	Power change
8	Telescopic sight	Observation of the target

There are many models of different manufacturers with different design features, power, frequencies and number of functions. A number of modern manual



jammers are presented on Figure 3. They are used in armies around the world, including the Ukrainian. Among them are Lithuanian EDM4S, Australian DroneGun Tactical, Ukrainian KVSG-6 and Antidrone-M, RG-7 [10-12]. It should be noted that the battery life is 1-2 hours.

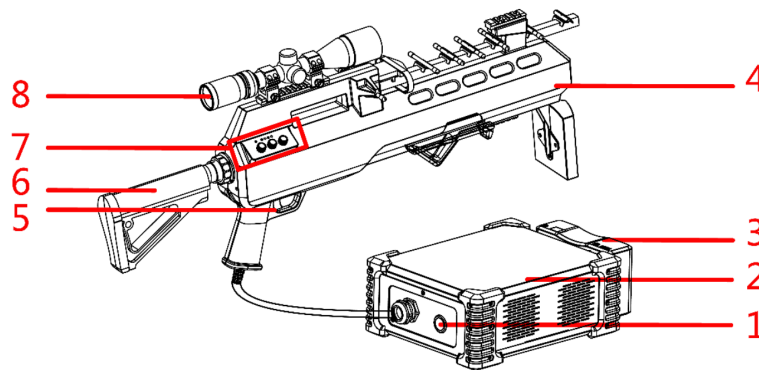
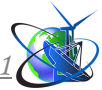


Figure 2 - Design features of the UAV-D04JAI model.



Figure 3 - Model RG-7 (Ukraine) (a), NightFighter (Britain) (b), DroneGun Tactical (America) (c), EDM4S (Lithuania) (d), KVSG-6 (Ukraine) (f), ANTIDRONE-M (Ukraine) (e).



ANTIDRONE-M jams signals on the following frequency ranges: 2.4G WiFi 2400-2500 MHz - 40W; GPS L2 1227 MHz - 15W; 868-912 MHz (860-920 MHz) - 25W; 433-434 MHz - 20W; GPS L1 + Glonass 1575-1620 MHz - 40W; 5.8G 5.5-5.9 MHz - 2W [10-12].

KBSG-6 allows you to block a similar set of frequencies: video transmission 2.4G WiFi 2400-2500 MHz - 20 W, navigation signals GPS L2 1227 MHz - 10 W and GPS L1 + Glonass 1575 -1620 MHz - 20 W; radio control signals 868-912 MHz (860-920 MHz) - 10 W and 433-434 MHz - 10 W; And 5.8G 5.7-5.9 GHz frequencies - 10 W [10-12].

Therefore, there are a large number of models of hand jammers on the market. We can not say that one or another model is the best. It depends on many factors, so the choice is up to the user.

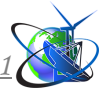
Summary and conclusions.

In this article, various methods of jamming drones were analyzed. As a result of the analysis, the advantages and disadvantages of all three methods were determined: omni-directional jammers, directional jammers, hand jammers. Hand jammers from manufacturers of different countries that are currently on the market were also analyzed.

Summarizing, we can say that technologies for countering military and civilian quadcopters are rapidly developing, especially radio jamming. They allow you to delay, divert, destroy or intercept control of the drone. At the same time, developers are improving the drones themselves. Either completely autonomous drones are being created, which use inertial navigation, or complex hardware and software means of signal transmission/reception from/to the operator are used. Thus, anti-drone systems need to be improved every day, and kinetic means of countering drones should not be neglected.

References:

1. Pietro Tedeschi, Gabriele Oligeri, Roberto Di Pietro. Designing and implementing future aerial communication networks, IEEE Access., vol. 8, pp. 5049-5064, December 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2963105
2. Drone detection systems and anti-drone systems at: <https://www.bezpeka-shop.com/blog/obzor/sistemy-obnaruzheniya-dronov-i-protivodronnye-sistemy/> (accessed 30.03.2023). (in Ukrainian)
3. Matthieu J. Guitton. Fighting the Locusts: Implementing Military Countermeasures Against Drones and Drone Swarms. Scandinavian Journal of Military Studies, vol. 4, pp. 26-36, January 2021.
4. 10 Counter-Drone Technologies To Detect And Stop Drones Today at: <https://www.robinradar.com/press/blog/10-counter-drone-technologies-to-detect-and-stop-drones-today> (accessed 30.03.2023).
5. Evaluating and Comparing Counter-Drone (C-UAS) Mitigation Technologies URL: <https://d-fendsolutions.com/cuas-mitigation> (accessed 06.04.2023).
6. Features and blocked frequencies of drone jammers at: <https://kvertus.com.ua/info/articles/funktsii-i-blokiruemye-chastoty-glushilok-dronov/> (accessed 06.04.2023). (in Ukrainian)



7. Drone Interceptors vs. Drone Jammers & Spoofers at: <https://fortemtech.com/blog/discussions/2023/01/24/drone-interceptors-versus-jammers.html> (accessed 30.03.2023).

8. UAV Scrambler 300 at: <http://www.idingcn.cn/casesingle/41> (accessed 01.04.2023).

9. UAV-D04JAI anti-UAV complex at: https://hikvision.ru/product/uav_d04jai (accessed 02.04.2023). (in Ukrainian)

10. The Ukrainian military received Ukrainian anti-drone guns KVS ANTIDRON G-6 at: <https://mil.in.ua/uk/news/ukrayinskym-vijskovym-peredaly-antydronovi-rushnytsi-kvs-antidron-g-6-vitchyznyanogo-vyrobnytstva/> (accessed 03.04.2023). (in Ukrainian)

11. Thanks to the armed forces, the dronegun tactical rifle became famous all over the world at: <https://sundries.com.ua/zavdiaky-zsu-rushnytsia-dronegun-tactical-proslavylasia-na-ves-svit/> (accessed 06.04.2023). (in Ukrainian)

12. Ukrainians have created new RG-7 anti-drone guns at: <https://focus.ua/uk/digital/556652-ukrajinci-stvorili-novi-antidronovi-rushnici-rg-7-yak-voni-ryatuyut-zhittya-foto> (accessed 06.04.2023). (in Ukrainian)

Article sent: 19.04.2024

© Prytula M.O.



УДК 62-5

NAVIGATION SYSTEMS AND THEIR PLACE IN THE MOBILE ROBOT CONTROL SYSTEM

СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ ТА ЇХ МІСЦЕ У СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМИ РОБОТОМ

Nazarenko N.M. / Назаренко Н.М.

k.t.s., as. / к.т.н., асистент.

ORCID: 0000-0001-6533-7323

Zayets S.S / Засць С.С.

as. / асистент.

Kyrychuk Y.V. / Киричук Ю.В.

d.t.s., as.prof. / д.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8638-6060

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
Kyiv, 37, Prosp. Peremohy, 03056*

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського", Київ, пр.Перемоги, 37, 03056*

Анотація. В роботі розглядається архітектура навігаційної системи мобільного робота. Розглядається дві моделі сканування простору та визначення координат об'єктів навколишнього простору.

Ключові слова: робототехніка, навігаційний комплекс, мобільний робот.

Вступ.

Сучасна робототехніка почала бурхливий розвиток у 1970-х роках. У той час з'явилися перші моделі, які ефективно виконували функції людини.

З часом з'явилися адаптивні роботизовані системи - мобільні роботи на платформі нового покоління. Розширені налаштування можуть розрахувати оптимальний маршрут руху та вносити корекції в маршрут руху [1-2].

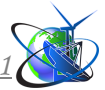
Основний текст.

Мобільні роботи з автономними системами навігації могли пересуватися в просторі завдяки встановленим скануючим датчикам. Спеціальна комп'ютерна техніка отримувала сигнали, за якими вирішувалося, як слідувати маршруту. Навігаційна система виконувала роль координатора руху. Згодом з'явилися більш сучасні роботизовані системи навігації, що використовують модернізовані датчики, гіроскопи, супутникову навігацію, лазери та ультразвукові пристрої [1-2].

Основними видами автономної навігації є:

- місцевого призначення, здійснює фіксацію координат за встановленими параметрами, виконує визначення функції в межах попередньо відомої зони;
- глобальний тип, визначає абсолютні координати робота при русі робота по великій поверхні;
- особистісний тип, позиціонування здійснюється відносно найближчих предметів.

Автономна навігація мобільних роботів є одним із ключових завдань мобільної робототехніки: за визначенням, мобільний робот повинен



пересуватися в просторі. Розробники, дослідники та користувачі цих ботів хочуть, щоб навігація була автоматичною [1-7]. Звичайно, це не завжди необхідно. Але, наприклад, якщо це масштабна пошуково-рятувальна операція, коли працюють десятки, а то й сотні дронів. Знайти сотню кваліфікованих спеціалістів, які могли б одночасно керувати дронами в режимі реального часу, проблематично.

Половина наукових робіт з робототехніки пов'язані з проблемами навігації. Іноді тематика наукових робіт і досліджень на перший погляд не має нічого спільного з навігацією, наприклад, з розпізнаванням пішохода на дорозі. Безпілотній системі потрібно розпізнавати пішоходів на відео. При виявленні пішохода необхідно налаштувати алгоритми навігації.

Можна виділити чотири основні класи завдань навігації: картографування, локалізація, планування та відстеження траєкторії. Локалізація – це завдання, яке формується так: у нас є мобільний робот, ми знаємо карту навколишнього простору, але ми не знаємо, де знаходиться робот. Мобільний робот також має радар, лазерні далекоміри та відеокамери. Використовуючи інформацію, отриману від цих датчиків, робот повинен визначити своє положення, зіставивши отримані дані з відомою картою. Якщо цю задачу розв'язати за певний проміжок часу, ми отримаємо слід точок – траєкторію руху.

Протилежною проблемою є картографування, коли, з іншого боку, ми знаємо своє положення у світовій системі координат, наприклад, за допомогою GPS. Локалізація не потрібна, але про середовище нічого не відомо. Необхідно побудувати модель навколишнього середовища за допомогою тих же датчиків, які використовувалися для локалізації. Нанести на карту всі об'єкти навколишнього середовища, бажано з абсолютними розмірами, щоб були відомі розміри та відстані.

Найважче, коли ці завдання поєднуються. Бувають ситуації, коли ми не маємо точного місцезнаходження чи карти місцевості. Прикладом такої ситуації є робот, який виконує пошукову дію в зруйнованій будівлі, йому потрібно знайти людей у зруйнованій будівлі. Система GPS в бетонному шарі не працює, карти будівлі або немає, або вже не актуальна через руйнування. Цю проблему вирішує клас алгоритмів, які називаються реактивними алгоритмами. У цьому випадку слід враховувати відсутність карти, ми рухаємося по прямій і обходимо перешкоди. Однак такий спосіб пересування буде недостатньо ефективним, тому необхідні локалізація, картографування та планування. Треба вирішити питання картографування та локалізації – на англ. це *simultaneous localization and mapping (SLAM)*, приклад побудови карти на основі SLAM на рис. 1.

Найактуальнішим напрямком є завдання SLAM в контексті відеопотоку, так звані - *visual-based simultaneous localization and mapping* - одночасне відображення і локалізація за відеопотоком, коли у нас є тільки камери від датчиків, які повинні використовуватися для створення моделі світу, щоб зрозуміти, де ми знаходимося і як рухатися (рис. 2). На великий автомобіль можна встановити багато різних датчиків, оскільки він великий і може нести велику вагу. Для невеликих безпілотників використання великих комплексів



неможливо, а найкращим варіантом є використання маленьких енергоефективних камер. Друга причина, чому завдання аналізу відеосигналу цікаве, полягає в тому, що людина сприймає багато інформації за допомогою зору.

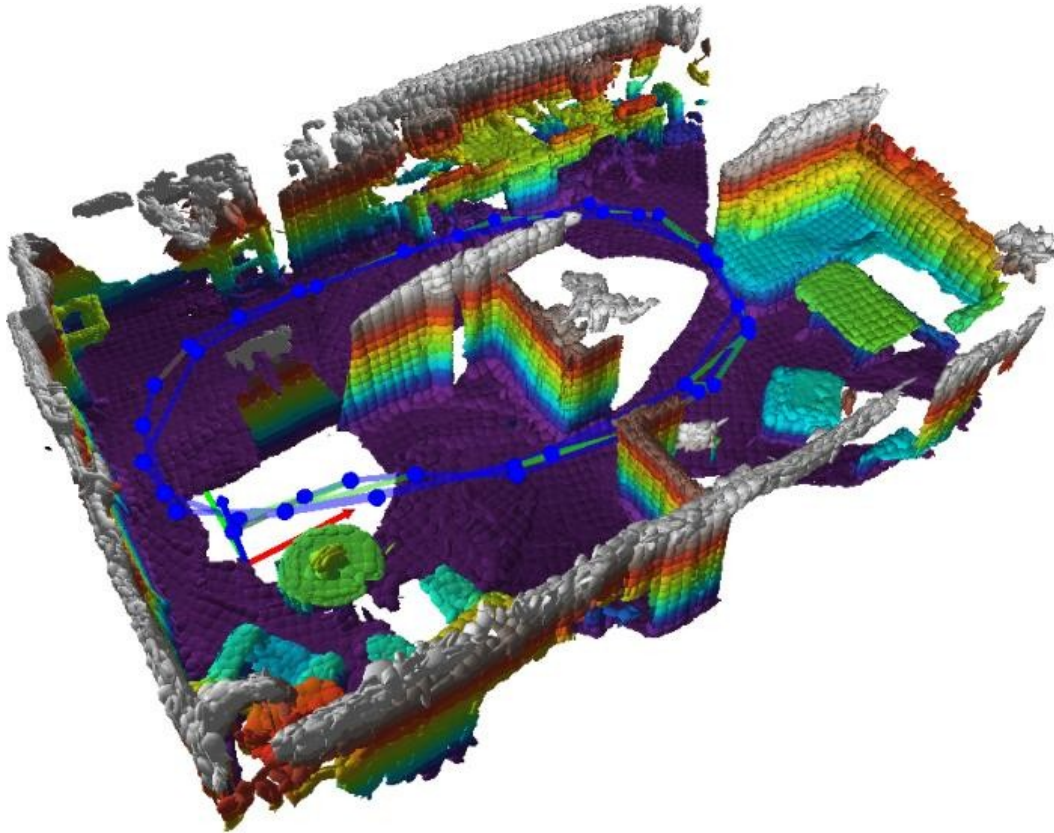


Рис. 1. Приклад моделі кімнати побудованої по SLAM з прокладеним маршрутом

Іншим класом задач є задачі планування траєкторії. Дивимося на карту зверху, на карті є заштриховані перешкоди. Усе інше — чистий аркуш, простір, яким можна пройти. Нам потрібно побудувати пряму, яка сполучає дві точки. Зазвичай завдання зводиться до завдання знайти шлях по графу. Нескінченний вільний простір має нескінченну кількість точок. Спочатку ми створюємо його дискретну модель: накладаючи опорні точки. Їх вже є кінцева кількість. Відповідно до певних алгоритмів деякі з цих точок потім з'єднуються лініями так, щоб вони не торкалися заштрихованих областей. Отримуємо графік можливостей потрапити з однієї точки в іншу (рис. 3). Наше завдання — знайти маршрут, який за заданими критеріями підійде нам більше за всі інші.

Алгоритм ускладнюється в залежності від умов. Описаний більш простий приклад, можуть виникнути ускладнення: тривимірний простір, наявність динамічних об'єктів.

Побудувавши маршрут стеження, необхідно, щоб мобільний робот рухався по ньому. Четвертий блок задач йде по траєкторії. Плануючи траєкторію, вони не думали про те, як має виглядати ця лінія, наприклад, можна було зробити поворот на кут 90° . Якщо це гелікоптер, не біда. Але якщо це машина, то вона не може розвернутися на 90° на місці.

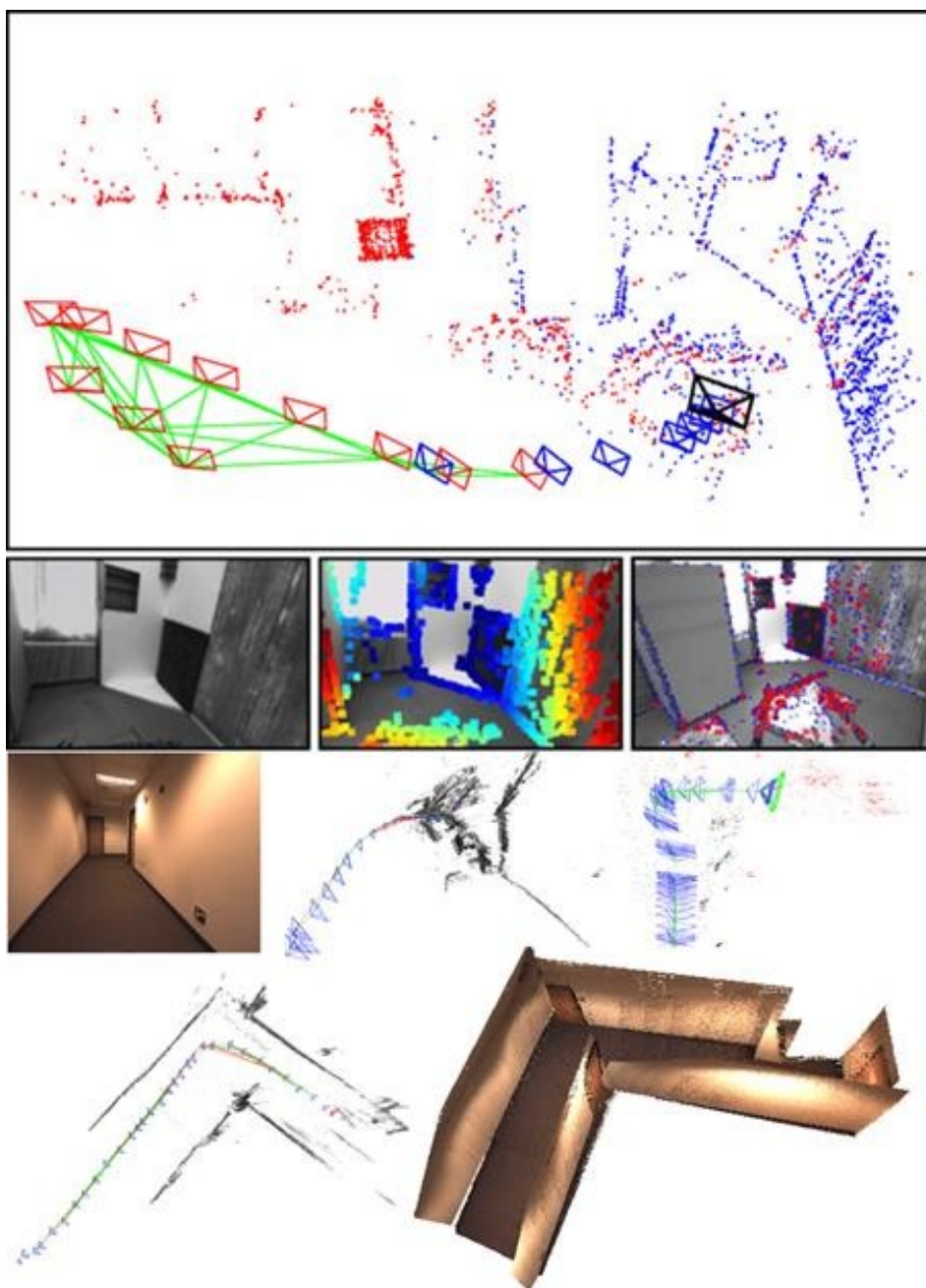


Рис. 2. Приклад SLAM на основі відео потоку

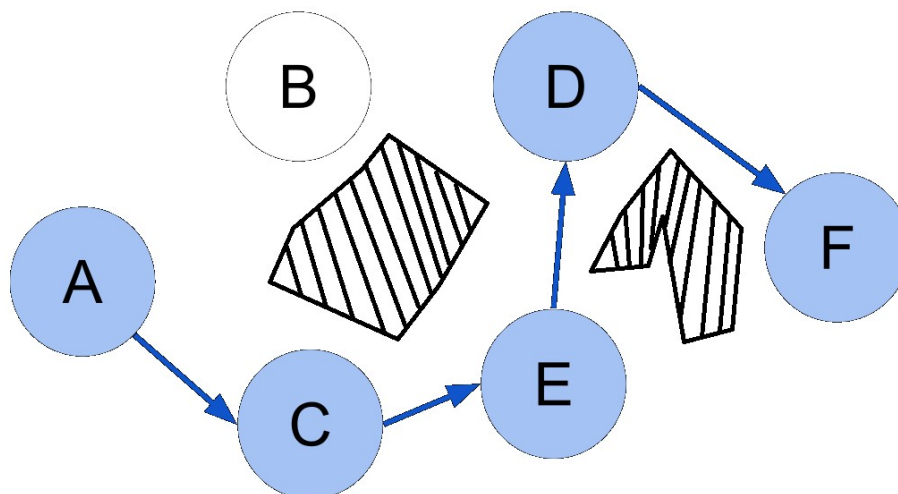


Рис. 3. Побудова маршруту по графам



Тому необхідно ускладнити задачу прокладки маршруту або вирішити задачу відстеження маршруту. Завдання стеження використовуються для відстеження маршруту з урахуванням особливостей руху рухомого об'єкта з мінімальними відхиленнями від траєкторії. Якщо відхилення буде більше заданого значення, маршрут буде перебудовано. Відстеження зазвичай розглядається з використанням теорії систем автоматизованого управління (САУ).

В рамках досліджень була розроблена мобільна роботизована навігаційна система на основі скануючого далекоміра.

Для впровадження скануючих пристроїв було обрано ультразвукову технологію вимірювання відстані, тому що ця технологія є найменш розвиненою та є потенційно недослідженою та перспективною для вдосконалення та інновацій.

На основі цього було розроблено дві моделі сканування простору та визначення координат об'єктів у навколишньому просторі. Перша з них – це система з ротаційним ультразвуковим модулем. Після впровадження і тестування можна з упевненістю сказати, що дана модель працездатна і може бути встановлена на мобільних платформах для сканування навколишнього простору. Успішне використання можливе за умови вдосконалення компонентів, з яких зібраний прототип, оскільки в процесі тестування було виявлено, що ультразвуковий модуль HC-SR04 має недостатні показники точності, що згодом призводить до похибки вимірювання в діапазоні від 1 см до 5 см. Сервоприводи також потребують вдосконалення, оскільки їх роздільна здатність обмежена, а пластиковий редуктор не може забезпечити достатньої жорсткості. Зробивши ці поліпшення, можна збільшити швидкість сканування, що є головним недоліком цієї моделі.

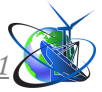
Другою представленою моделлю стала система зі статичними датчиками положення, яка виявилася значно кращою за точністю вимірювання координат об'єктів, але має ряд критичних особливостей. Ця модель не може створити тривимірний простір, визначити розміри об'єкта і визначити кілька об'єктів, але вона має високу точність вимірювання, похибка цієї системи становить від 0,5 см до 1,5 см.

За наявності низки удосконалень ці проблеми можна частково вирішити, наприклад, шляхом збільшення кількості сенсорних модулів, що призведе до сегментації зон зондування та, як наслідок, можливості ідентифікації більшої кількості об'єктів у просторі. Або як альтернатива створити поворотну основу для датчиків, завдяки якій можна переміщати зону чутливості, в результаті чого також створюється сегментація зони чутливості.

Незалежно від можливих модифікацій дана система придатна для встановлення на мобільних платформах як система оповіщення про найближчу до мобільної платформи перешкоду і здатну визначати координати об'єкта в просторі з точністю до декількох сантиметрів.

У цих технологіях розроблено метод тріангуляції для використання при вирішенні задач, які дозволяють швидко і з високою точністю знаходити координати динамічного об'єкта в просторі мобільної платформи (робота).

Абсолютною перевагою є поєднання цих систем на мобільних платформах



для досягнення найкращих результатів у просторовій навігації.

Висновки.

Розглянуто архітектуру навігаційної системи мобільного робота та принципи проектування, що використовуються в апаратному та програмному забезпеченні.

Запропоновано дві системи: систему просторового сканування на основі ультразвукового датчика з обертовою системою для орієнтації датчика та скануючу систему для визначення координат об'єкта. Описано принципи роботи обох схем та наведено переваги та недоліки представлених систем.

Література:

1. Безвесільна О.М. Системи керування навігаційних систем рухомих об'єктів/ О.М. Безвесільна, Ю.В. Киричук, С.С. Ткаченко //Монографія. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – 174 с.

2. Безвесільна О.М. Системи керування навігаційних систем рухомих об'єктів/ О.М. Безвесільна, Ю.В. Киричук, С.С. Ткаченко //Монографія. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – 174 с.

3. Моспан А. Визначення орієнтації рухомих об'єктів за допомогою датчиків MEMS/ Моспан А., Киричук Ю., Назаренко Н. // IV International Scientific and Practical Conference «Modern directions of development of science and technology», January 30 – February 01, Liverpool, Great Britain. 2023. Pp. 259-261 с.

4. Киричук Ю. Проблематика навігаційних систем на базі мікромеханічних чутливих елементів/ Киричук Ю., Назаренко Н. // 4th International scientific and practical conference “Actual problems of modern science” (January 31 – February 3, 2023) Boston, USA. International Science Group. 2023. Pp. 454-456 с. DOI: 10.46299/ISG.2023.1.4

5. Киричук Ю.В. Основні функції робота / Ю.В. Киричук, Ю.Ю. Хазанович, Я.В. Макаров // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІПРК-2022). П'ятнадцята міжнародна науково-практична конференція 17-18 травня 2022 р., Київ, Україна. – К.: НАУ, 2022. – 241 с. (збірка тез).

6. Billur Barshan and Hugh F. Durrant-Whyte. An Inertial Navigation System for a Mobile Robot. Proceedings of 1993 IEEE/RSJ International Conference of Intelligent Robots and Systems. Yokohama, Japan, July 2630, 1993.

7. Woodman O.J. An introduction to inertial navigation / O.J. Woodman // Technical Report № 696. UCAM-CL-TR-696. Cambridge: University of Cambridge, 2007. 37 p. <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CLTR-696.pdf>

Abstract. *The paper considers the architecture of the navigation system of a mobile robot. Two models of space scanning and determining the coordinates of objects in the surrounding space are considered.*

Key words: *accelerometer, navigation system, acceleration, error.*

Статья отправлена: 25.04.2023 г.

© Назаренко Н.М., © Зайцев С.С., © Киричук Ю.В.



Енергетика

Секція: Енергетика

УДК 004.4

SEMI-SUPERVISED MACHINE LEARNING FOR OIL AND GAS PIPELINE CRASHES DETECTION

НАПІВКЕРОВАНЕ МАШИННЕ НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ

Kropyvnytska V.B. / Кропивницька В.Б.

s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-5231-7104

Mahas D.M. / Магас Д.М.

*post-graduate student / аспірант**Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,**Ivano-Frankivsk, Karpatska, 15, 76019**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,**Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, 76019*

Анотація. В роботі розглядається використання машинного навчання для виявлення несправностей нафтогазопроводів. Виділяються основні види машинного навчання. Більш детально описується процес напівкерованого (semi-supervised) машинного навчання в контексті нафтогазової промисловості. Зазначаються його переваги та недоліки.

Ключові слова: нафтогазопроводи, машинне навчання, відмови, трубопровід.

Вступ.

Транспортування є одним з головних напрямків нафтогазової промисловості поряд з розвідкою, бурінням та видобуванням. Одним з найбільш ефективних способів доставки нафти та газу є трубопровідний транспорт. Він відрізняється відносно меншою загрозою аварійних ситуацій (наприклад у порівнянні з залізничним транспортом). При цьому, у разі виникнення аварійної ситуації, шкода довіллію може бути надзвичайно великою, зокрема через складність виявлення аварійних ділянок та усунення наслідків. Сучасні напрацювання у сфері цифрових технологій дозволяють спростити моделювання та фактичну роботу нафтогазових трубопровідних систем. При цьому часто використовуються реальні операційні дані з роботи трубопроводу, які вимагають чіткої кластеризації та математичного моделювання, для продукування найбільш коректного результату. Ці дані можуть бути використаними для визначення проблемних ділянок трубопроводу.

Основний текст.

Застосування штучного інтелекту дозволяє обійти часткові обмеження у створенні моделей представлення для складних фізичних систем, зробити їх більш передбачуваними та контрольованими. Надзвичайно важливим при цьому є вид машинного навчання, що використовується:

- з учителем (supervised);
- без вчителя (unsupervised);
- напівкероване (semi-supervised).



При навчанні з вчителем, спостереження за системою та дані, які є результатом цього спостереження, використовуються для встановлення залежності між певними характеристиками системи та наперед визначеними виходами. Сам набір даних сформований таким чином щоб «навчити» алгоритми класифікувати дані та передбачати результат з максимальною точністю. Така модель може бути використаною для передбачення результату роботи для нових елементів системи (напр. трубопроводів) з таким же набором характеристик. Навчання з вчителем вирішує проблеми двох типів:

- класифікації;
- регресії.

Класифікація передбачає використання алгоритмів з метою розподілення даних між окремими категоріями. Прикладом може бути встановлення типу аварійної ситуації. Завданням регресії є встановити зв'язки між залежними та незалежними змінними. Регресійні моделі дають змогу передбачати числові значення на основі вхідних даних. Прикладом може бути визначення впливу робочого тиску трубопроводу на термін його експлуатації.

Навчання без вчителя не опирається на наявність наперед визначених результатів та специфічного набору тренувальних даних. Машинне навчання без вчителя передбачає вирішення наступних задач:

- кластеризації;
- асоціації;
- зменшення розмірності.

Кластеризація передбачає віднесення окремих процесів та сутностей на основі спільної ознаки до певного кластеру. Схожість процесів та сутностей визначається на основі стратегії некерованого (unsupervised) навчання та способу тренування. Результуюча модель використовується для співставлення нових даних з наперед визначеними кластерами. Асоціація передбачає використання різноманітних правил для знаходження зв'язку між змінними у наборі даних, що розглядається. Зменшення розмірності використовується коли кількість вхідних даних є надто великою. Зміст полягає у зменшенні кількості вхідних даних до допустимого розміру, зберігаючи при цьому їх цілісність.

Напівкероване навчання поєднує окремі елементи навчання з та без вчителя з метою покращення швидкодії моделі та/або її точності. При напівкерованому навчанні окрім звичних даних виду «вхід-вихід» також застосовуються неповні дані або дані без чіткого означення «виходу». Для підтримки неповних даних використовуються кластеризаційні методи, що навчаються на неповних даних та роблять ці дані придатними для навчання з вчителем.

Різнноманітні підходи керованого машинного навчання використовуються для класифікації та регресії з метою адресування конкретних цілей моделювання трубопровідних систем. Прикладами таких підходів є: дерева класифікації та регресії (CART), штучні нейронні мережі (ANN), нечітка логіка (FL), модель поверхні реагування (RSM), метод опорних векторів (SVM) [1], тощо. Для прикладу, деякі праці описують застосування ANN для передбачення стану морських нафтогазопроводів, на основі історичних даних [2]. Серед



характеристик трубопроводу, які використовувались для передбачення стану трубопроводу, були вік, робочий тиск, зношення металу та діаметр труби. Особливої уваги заслуговує праця [3], що описує розробку кількох регресійних та ANN моделей для передбачення причини відмов у нафтопроводах. Ключовим диференціатором виступають типи відмови: механічні, спричинені корозією або операційні. Хоча моделі такого типу є надзвичайно ефективними у визначенні причини відмови, дані на яких базується навчання не є загальнодоступні та самі по собі є доволі дорогими для продукування.

В нафтогазовій індустрії існує брак кооперації в сфері машинного навчання, що традиційно базується на наявності великої кількості даних у вільному доступі та обміні професійним досвідом. Потенційним рішенням проблеми може бути використання публічно доступних баз даних, що містять звіти про інциденти для широкого спектру трубопроводів. В більшості випадків такі бази даних формуються на основі попередніх звітів про інцидент та деталізуються згідно з їх розвитком. Внесення у журнал відмов є обов'язковим у випадку будь якої несправності, тому збір цих даних є простішим та більш ефективним з фінансової сторони як для державних органів регулювання так і для постачальників послуг[4].

Використання баз даних на основі звітів про відмови є доволі перспективним з позиції прискорення вирішення потенційних проблем, але тільки за умови подолання обмежень притаманних для таких баз даних, зокрема відсутності інформації. Брак інформації перешкоджає формуванню вхідних даних, які підійшли б для навчання з вчителем. Ймовірним рішенням може бути використання напівкерованих методів машинного навчання, що підтримують не тільки кластеризацію та класифікацію, а й безперервний етап форматування вхідних даних також відомий як «імпутація даних».

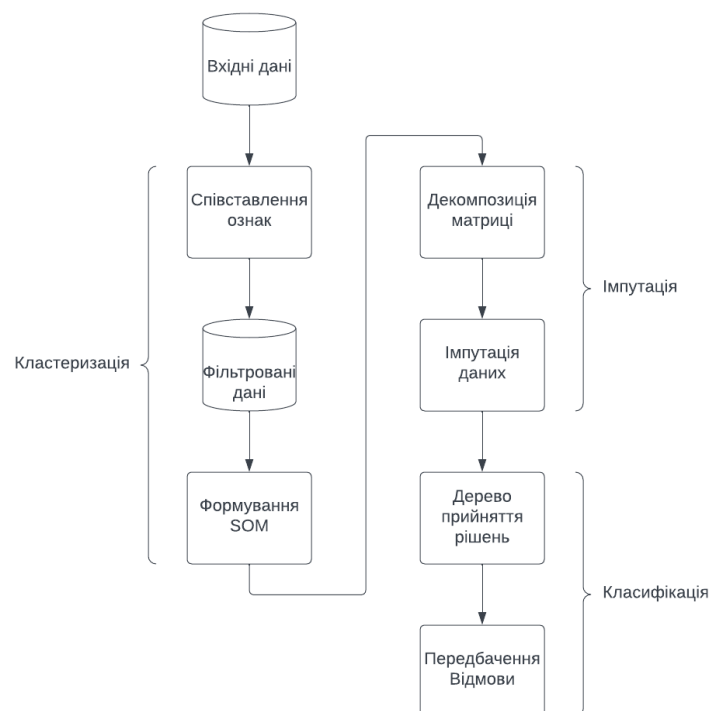


Рисунок 1 – Процес передбачення відмови на основі напівкерованого машинного навчання



Опис процесу «кластеризація-імпутація-класифікація» (СІС) вже знайшов своє відображення у наукових публікаціях [5]. Запропонований фреймворк доповнює дослідження оптимальної кластеризації за допомогою методики факторизації. При цьому кластеризація використовується не тільки для прискорення процесу класифікації як у СТС («кластеризуй потім класифікуй») фреймворках, а й спрямовує формування вибірки корисної інформації для ефективної факторизації з метою імпутації відсутніх даних. Узагальнений процес може бути представлений так як це зображено на рис. 1.

Висновки.

Було розглянуто основні види машинного навчання в контексті нафтогазової промисловості. Зазначено важливість використання відкритих баз даних з інформацією про інциденти на підприємствах. До переваг напівкерованого машинного навчання можна віднести: можливість працювати з неоднорідними та частково відсутніми даними (зокрема з безкоштовних відкритих джерел), гнучкість механізму навчання при правильній реалізації, доволі високу точність передбачень. Серед недоліків слід зазначити значно складнішу реалізацію ніж у випадку навчання з або без вчителя.

Література:

1. Ani, M., Oluyemi, G., Petrovski, A., Rezaei-Gomari, S. // SPE Intelligent Energy International Conference and Exhibition. (OnePetro, 2016).
2. El-Abbasy, M. S., Senouci, A., Zayed, T., Mirahadi, F. & Parvizsedghy, L. // Artificial neural network models for predicting condition of offshore oil and gas pipelines. Autom. Constr. 45, 50–65 (2014).
3. Senouci, A., Elabbasy, M., Elwakil, E., Abdrabou, B. & Zayed, T. // A model for predicting failure of oil pipelines. Struct. Infrastruct. Eng. 10, 375–387 (2014).
4. Kabir, G., Sadiq, R. & Tesfamariam, S. // A fuzzy Bayesian belief network for safety assessment of oil and gas pipelines. Struct. Infrastruct. Eng. 12, 874–889 (2016).
5. H. Alobaidi, M., Meguid M., Zayed, T. // Semi-supervised learning framework for oil and gas pipeline failure detection

***Abstract.** The article covers the usage of machine learning for oil and gas pipelines failure detection. It describes main types of machine learning with a main focus being on semi-supervised ML in oil and gas industry.*

***Key words:** oil and gas pipelines, machine learning, failures, pipelines.*

Науковий керівник: к.т.н., доц. Кропивницька В.Б.

Стаття відправлена: 13.03.2023 г.

© Магас Д.М.



УДК 621.928.93:697.946

DEVELOPMENT OF THE FLUE GAS CLEANING SYSTEM OF BOILER UNITS OPERATING ON SOLID FUEL**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТИВ ПРИ РОБОТІ ЇХ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ****Hlushchenko O. / Глущенко О.Л.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-9230-9958

Litvinov M. / Литвинов М.П.*master's degree / магістр**Dniprovsky State Technical University, Kamianske, Dneprostroievskaja 2, 51918**Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Дніпробудівська 2, 51918*

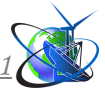
Анотація. В роботі проводиться дослідження впливу роботи котельного агрегату, який працює на пилоподібному паливі на стан навколишнього середовища; розроблені дієві заходи щодо зменшення викидів та покращення екологічного стану регіону шляхом розробки та впровадження комбінованої системи очищення димових газів. Проведені розрахунки пиловловлюючих пристроїв дозволяють стверджувати про доцільність та перспективність використання багатосхідцевого пристрою очищення відхідних газів (двох- та більше ступенів), наприклад, першим східцем очищення встановлюється циклонний апарат (очищення від крупних фракцій пилу, більше 10 мкм), а другим східцем – електрофільтр, який очищує відхідні гази від більш мінкої фракції пилу (менше 10 мкм). Така комбінація пиловловлюючого обладнання дозволяє досягнути майже 100 % ступеня очищення запилених димових газів і є найбільш ефективним та екологічно доцільним варіантом вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища.

Ключові слова: котельний агрегат, відцентровий циклон, електрофільтр, захист навколишнього середовища, фракційний склад пилу, відхідні гази, гранично припустимі викиди, інерційні пиловловлювачі, небезпечні та шкідливі фактори.

Вступ. Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів є однією з найгостріших проблем сучасності. Забруднення атмосфери й світового океану загрожує існуванню рослинного й тваринного світу.

Атмосфера - це найцінніший природний ресурс для промислового виробництва. Кисень й азот повітря інтенсивно використовуються в багатьох галузях промисловості. Головними споживачами кисню є пристрої, які спалюють тверде, газоподібне або рідке паливо. За середньостатистичними даними, в усьому світі щорічно спалюється близько 10...12 млн. т. умовного палива для спалювання якого потрібно близько 60 млн. т. повітря. Основним джерелом відтворення кисню є лісові масиви, але їхні площі постійно зменшуються за рахунок господарської діяльності людини й крім того, багато порід дерев гинуть саме через атмосферні забруднення.

Однак, на стан атмосфери найбільше згубно впливає інший фактор - це забруднення атмосфери летучими відходами промислового виробництва. В усьому світі в повітря щорічно викидається в середньому близько 500 млн. т твердих часток і близько 30...35 млрд. т таких розповсюджених газоподібних забруднень, як оксиди вуглецю, сірки й азоту. Робота переважної більшості теплових агрегатів пов'язана з виділенням газів, що містять пил і різні газоподібні компоненти, що шкідливо впливають на організм людини.



Найбільш масовими забруднювачами повітряного басейну є: сірчистий ангідрид, окис азоту, окис вуглецю, різні вуглеводні та пил. Тривале забруднення цими та іншими небезпечними речовинами шкідливо впливає на здоров'я людини. При цьому збільшується загальний рівень захворюваності, що обумовлено ураженням окремих органів і систем організму. На стан екологічної ситуації в Україні впливає також прояв еколого-географічних проблем. У місцях розміщення промисловості й інтенсивного руху автотранспорту реєструють найвищу міру забруднення атмосферного повітря на одиницю площі.

Таким чином, сучасні великі промислові міста, які характеризуються високою щільністю населення, опиняються у гіршому положенні відносно забруднення атмосферного повітря, якщо не вживати заходи по захисту останнього. Всього в повітряний басейн України щорічно викидається понад 20 млн. т. шкідливих речовин. Незважаючи на зниження об'ємів викидів, рівні забруднення атмосферного повітря у багатьох промислових містах залишаються високими. Головними причинами повільного зменшення викидів і рівнів забруднення є використання технологій, велика кількість яких не відповідає сучасним екологічним вимогам, значний об'єм морально застарілого і фізично зношеного устаткування, невиконання в зазначені терміни заходів по зниженню викидів в атмосферу, низький рівень експлуатації пилогазоочисних споруд [1].

Постановка задачі. Для покращення екологічної ситуації необхідно впроваджувати різноманітні пиловловлюючі пристрої, здатні забезпечити відповідний відсоток (за вимогами ГПВ) очищення відпрацьованих димових газів. Очищення газів виконують з метою подальшого використання самого газу або домішок, що містяться в ньому, з метою охорони повітряного простору від забруднень шкідливими речовинами.

У складі проекту нормативів ГПВ обов'язково розробляються і затверджуються наступні конкретні заходи по зниженню викидів в атмосферу:

- оснащення джерел викидів шкідливих речовин пилогазоочисними установками;
- заміна або реконструкція морально і фізично застарілих пилогазоочисних установок;
- виведення із експлуатації старих, екологічно неблагополучних виробництв;
- впровадження мало - і безвідходних технологічних процесів та ін.

Для очищення промислових викидів використовують різні конструкції очисних споруд, що відрізняються як за принципом роботи, так і по здатності затримувати пил і гази.

Очисні споруди для уловлювання пилу умовно можна розділити на 4 групи, відповідно до принципу їх роботи: сухі механічні пиловловлювачі; апарати фільтрації; електростатичні фільтри; апарати мокрогочислення.

Найбільше поширення отримали циклонні пиловловлювачі. Ефективність таких пиловловлювачів пропорційна розміру часток, їх класу і обернено пропорційна до величини нахилу. У зв'язку з цим під час вилучення



великодисперсного пилу їх ефективність може досягти 85-90 %, але вона істотно нижча для мілкодисперсного пилу. Нескладні по своєму конструктивному оформленню батарейні циклони (мультициклони), які дозволяють очищати великі об'єми газів. Основним напрямом в розробці циклонних апаратів є зниження їх гідравлічного опору за рахунок поліпшення аеродинамічних характеристик шляхом встановлення спеціальних пристроїв. Значний інтерес представляють циклони з рециркуляцією потоку для витягання великих концентрацій пилу - до 30 г/м³. Циклонні апарати застосовують як самостійні споруди, а також в комбінації з іншим газоочисним устаткуванням для витягання з повітря значних мас пилу.

Ще одним із перспективних і найбільш ефективних пристроїв для очищення димових газів від золи є електрофільтри. Електричне очищення димових газів від золи базується на електрофізичних явищах, які відбуваються в газах, що перебувають під дією різко неоднорідного електричного поля між електродами електрофільтрів [2].

Електрофільтри мають високу ефективність очищення газів – до 99 %; здатність вловлювати частинки будь-яких розмірів, включаючи і субмікронні, при концентрації частинок в газі до 50 г/м³; низьку експлуатаційну витрату електроенергії близько 0,1÷0,5 кВт/год на 1000 м³/год димових газів.

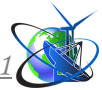
В даній роботі пропонується розробити комбіновану, двосхідцеву пиловловлюючу установку, яка буде складатися з двох очисних пристроїв: відцентровий циклон типу ЦН-15 (перший східець очистки від крупнодисперсної фракції пилу) і електрофільтр типу ПГДС-4-53 (другий східець очистки від мілкодисперсного пилу).

Результати роботи. В роботі виконано розрахунок запропонованої пиловловлюючої установки «відцентровий циклон - електрофільтр» для очищення запиленних димових газів, які відходять від котельного агрегату, що працює на пилоподібному паливі. Відцентровий циклон встановлюється в якості першого східця очищення – від фракцій пилу більше 10 мкм, електрофільтр – другий східець, призначений для вловлювання мілкодисперсної фракції пилу (менше 10 мкм).

Розрахунки відцентрового циклону та електрофільтру проводяться по методиці, представлений у [3]. Вихідні дані та результати розрахунку відцентрового циклону типу ЦН-15 представлені в таблиці 1, а вихідні дані та результати розрахунку електрофільтру типу ПГДС-4-53 представлені в таблиці 2.

Таблиця 1 - Вихідні дані та результати розрахунку відцентрового циклону типу ЦН-15

<i>Найменування величини</i>	<i>Одиниці виміру</i>	<i>Значення величини</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Вихідні дані для розрахунку		
1. Об'єм газу, що очищується	м ³ /год.	5000



1	2	3
2. Температура газу, що надходить на очищення	°C	50
3. Вологовміст газу	г/м ³	2,0
4. Барометричний тиск	мм.рт.ст (Па)	750 (99990)
5. Розрідження газу перед циклоном	мм.вод.ст (Па)	-10 (-98,1)
6. Запиленість газу	г/нм ³	2,0
7. Густина пилу	кг/м ³	2350
8. Густина газу	кг/м ³	1,2
Результати розрахунку		
1. Густину вологого повітря	кг/м ³	0,287
2. Діаметр одного циклону	мм	595
3. Швидкість газу в циліндричній частині циклону	м/с	2,46
4. Гідравлічний опір групи циклонів	Па	154,23
5. Діаметр часток пилу на вході в циклон	мкм	4,18
6. Ступінь полідисперсності	-	7,42
7. Загальна ефективність очищення газу в одиночному циклоні	%	88,93
8. Загальна ефективність очищення газу групового циклона	%	89,04
9. Кінцева запиленість очищеного повітря	г/нм ³	0,2192

Таблиця 2 – Результати розрахунку електрофільтру типу ПГДС-4-53

<i>Найменування величини</i>	<i>Одиниці виміру</i>	<i>Значення величини</i>
1	2	3
Вихідні дані		
1. Встановлена потужність	год./рік	4700
2. Витрата газу	м ³ /год.	180000
3. Густина газів	кг/м ³	1,31
4. Температура газів	°C	180
5. Концентрація пилу перед електрофільтрами	г/нм ³	1,19
6. Концентрація пилу після електрофільтрів	мг/нм ³	1180
7. Сумарна концентрація забруднюючих речовин (при нормі q<1)		1,21-2,05
8. Швидкість потоку	м/с	1,0
9. Розрідження в системі	кПа	2,0
10. Робоча напруга	кВ	100
11. Склад димових газів:	%	
- CO ₂		13
- H ₂ O		16,5
- O ₂		6,5
- N ₂		64



Результати розрахунку		
1. Густина газів при робочих умовах	кг/м ³	0,77
2. Витрата газу при робочих умовах	м ³ /с	85
3. Необхідна площа поперечного перерізу електрофільтру	м ²	85
4. Фактична швидкість газу	м/с	1
5. Відносна густина газів при нормальних умовах	-	0,63
6. Критичну напруженість електричного поля при негативній короні	В/м	4,28·10 ⁶
7. Критичне напруження корони	кВт	24,6
8. Лінійна щільність струму корони	А/м	1,2·10 ⁻³
9. Напруженість електричного поля	В/м	5,61
10. Молекулярна маса газової суміші	кг/моль	28,69
11. В'язкість газової суміші	Па·с	0,155·10 ⁻⁴
12. Швидкість руху (швидкість дрейфу) часток розміром більше 1 мкм	м/с	23,96·10 ⁴ ·г
13. Загальний ступінь очищення газу в електрофільтрі	%	99,98
14. Зміст пилу в газі, що очищується	г/нм ³	0,0119

Результати розрахунків представлені на рисунках 1 – 4.



Рисунок 1– Дисперсний склад пилу у відцентровому циклоні

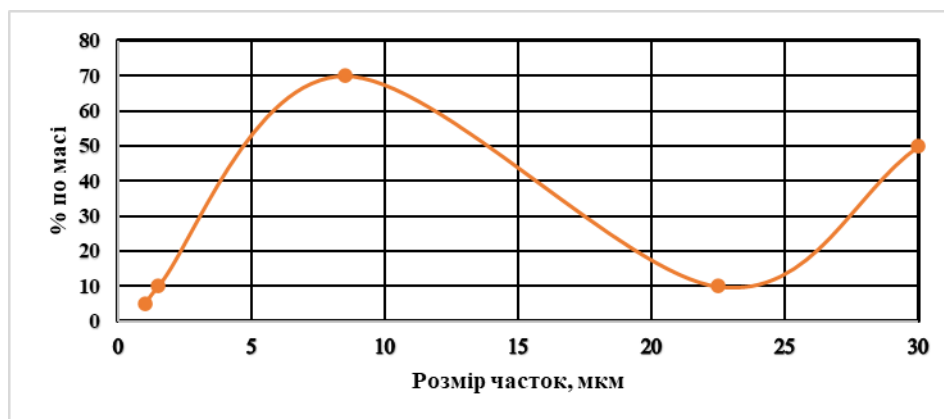


Рисунок 2 – Дисперсний склад пилу в електрофільтрі

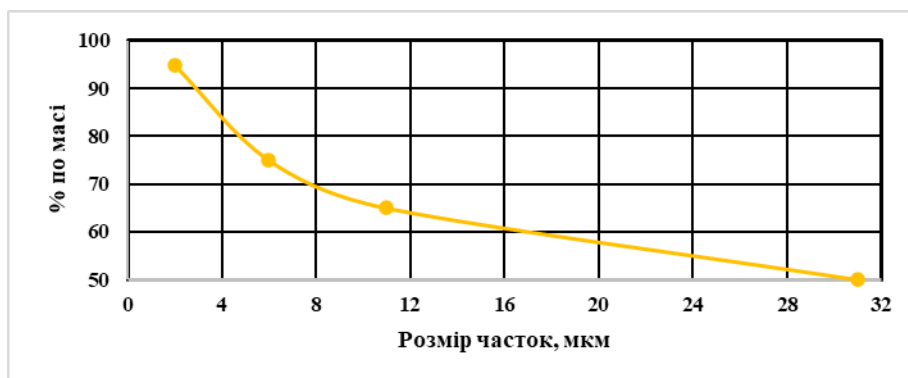


Рисунок 3 - Масовий розподіл пилу по розмірах в циклоні

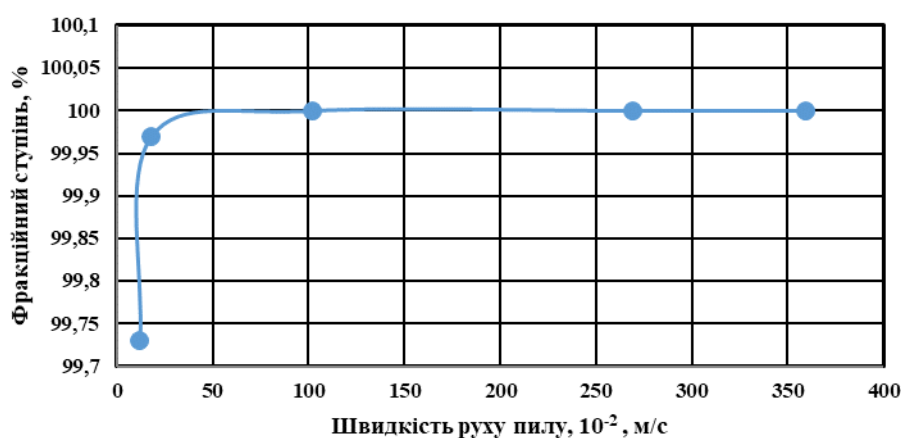


Рисунок 4 – Фракційний ступінь очищення газу в електрофільтрі

Результати розрахунку показують, що дисперсний склад пилу в електрофільтрі змінюється зворотно пропорційно, тобто зі збільшенням розміру часток відсоток по масі, в більшості випадків, зменшується, в циклоні все навпаки, зі збільшенням розміру часток відсоток по масі збільшується. Масовий розподіл пилу по розмірах в циклоні змінюється, таким чином, що при збільшенні розміру часток, зменшується і відсоток по масі. Що до фракційного ступеня очищення газу в електрофільтрі, можна сказати, що при збільшенні швидкості руху пилу, збільшується і відсоток вловлювання пилу.

Висновки. Зробивши аналіз отриманих результатів, можна зробити висновок, що використавши дво- або трьохсхідцеву схему очищення запиленних газів, можна досягти значно більшого відсотку очищення. Тобто, в якості першого східця очищення пропонується встановити відцентровий циклонний апарат, який буде вловлювати пил крупних фракцій пилу, а другим східцем - електрофільтр, який остаточно буде вловлювати пил мілкої фракції, яка пройшла крізь циклонний апарат і не була вловлена в ньому. Загальна ефективність запропонованої схеми очищення димових газів складає більше 99 %.

Література.

1. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т.1. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 917с.



2. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд. Алиев Г.М. – А. М.: Metallurgy, 1986. – 544 с.

3. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии. Изд. 2-е, перераб. и доп. Юдашкин М.Я. М: Metallurgy, 1984. – 320 с.

Abstract. *The paper examines the influence of the operation of the boiler unit, which runs on pulverized fuel, on the state of the environment; effective measures have been developed to reduce emissions and improve the ecological condition of the region through the development and implementation of a combined flue gas cleaning system. The performed calculations of dust-capturing devices allow us to assert the feasibility and perspective of using a multi-stage exhaust gas cleaning device (two or more stages), for example, a cyclone device is installed as the first stage of cleaning (cleaning from large fractions of dust, larger than 10 microns), and an electrostatic precipitator is used as the second stage, which cleans exhaust gases from a smaller fraction of dust (less than 10 microns). Such a combination of dust-capturing equipment allows to achieve almost 100% degree of purification of dusty flue gases and is the most effective and ecologically appropriate option for solving the problem of environmental pollution.*

Keywords: *boiler unit, centrifugal cyclone, electrostatic precipitator, environmental protection, fractional composition of dust, waste gases, maximum permissible emissions, inertial dust collectors, dangerous and harmful factors.*

Стаття відправлена: 19.04.2023р.

© Глущенко О.Л.



УДК 532.529.5

INTENSIFICATION OF MASS EXCHANGE PROCESSES IN THE SYNTHESIS OF GAS HYDRATES ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ СИНТЕЗІ ГАЗОВИХ ГІДРАТІВ

Kutnyi B.A. / Кутний Б.А.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-9016-5161

Chernetska I.V. / Чернецька І.В.

s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0009-0006-7643-2565

*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,**Poltava, Pershotravneva Avenue 24, 36011**Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,**Полтава, Першотравневий проспект, 24, 36011*

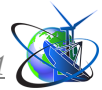
Анотація. Розглянуто проблеми та перспективи промислового синтезу газових гідратів, Обґрунтовано перспективність застосування масообмінних апаратів з динамічною міжфазною поверхнею для синтезу газових гідратів. Розроблено математичну модель гідратоутворення на поверхні краплі води в потоці газу. Отримано цифрові рішення для крапель різних розмірів при різних температурах води, швидкостях і тисках газу та різній газопроникності газогідратів. Досліджено динаміку гідратоутворення в часі. Встановлено заходи для підвищення ефективності синтезу газогідратів. Виділено вирішальні фактори впливу на інтенсифікацію масообмінних процесів. Отримано апроксимаційні формули для розрахунку кількісних показників впливу сукупності факторів на утворення газогідрату метану. Аналіз отриманих результатів дозволив встановити перспективні напрямки оптимізації обладнання для синтезу газових гідратів.

Ключові слова: газові гідрати, теплообмін, інтенсифікація масообміну, синтез газогідратів, тепломасообмін, гідратоутворення.

Вступ.

Газові гідрати (ГГ) мають значні перспективи застосування в різних галузях промисловості та народного господарства [1]. Наразі їх використання дуже обмежене, оскільки промислові технології синтезу ГГ розроблені недостатньо. Відомі установки мають ряд недоліків: низьку швидкість масообмінних процесів, утворення газогідратів із високою концентрацією води, складність конструкцій та високу вартість [2]. При розрахунку і конструюванні масообмінних апаратів для промислового синтезу ГГ надзвичайно важливе значення мають завдання інтенсифікації масообмінних процесів.

Найперспективніші шляхи інтенсифікації масообмінних процесів при утворенні ГГ: оптимізація термобаричних умов, збільшення площі міжфазної поверхні та ефективно відведення тепла від зони гідратоутворення [3]. Розв'язання цих завдань експериментальним шляхом має високу надійність, проте потребує великих витрат часу та коштів. Крім того на основі дослідних даних можна у першому наближенні вивести певні узагальнюючі тенденції впливу різноманітних факторів на процес гідратоутворення, але гарантувати відповідність їх кількісного впливу в інших умовах без математичного моделювання неможливо. Тому для окреслення перспективних напрямків



досліджень інтенсифікації гідратоутворення було застосовано методи математичного моделювання.

Для промислового синтезу ГГ мають найбільш перспективне значення апарати з динамічною поверхнею контакту фаз [4]. Особливості гідратоутворення в барботажних апаратах розглянуто в роботах [5, 6]. Метою даної роботи є пошук шляхів інтенсифікації масообмінних процесів шляхом оптимізації конструкції та режимів роботи інжекційних установок синтезу ГГ.

Основний текст

У синтезі ГГ приймають участь одночасно два процеси: відвід теплоти з міжфазної поверхні та підвід газу до цієї поверхні. Для отримання максимальної швидкості гідратоутворення ці два процеси повинні бути збалансовані.

Аналіз відомих даних показує, що найбільші швидкості мають лише два способи гідратоутворення: на поверхні крапель води, які перебувають в потоці газу; на поверхні газових бульбашок у об'ємі рідини. Дана робота присвячена дослідженню гідратоутворення на поверхні краплі води, яка рухається у газовому потоці.

Розглянемо фізичну модель процесу гідратоутворення на поверхні води (рисунок 1), вважаючи товщину газогідратної кірки (δ_{gg}) на 3-4 порядки меншою за розміри краплі води. Для утворення ГГ необхідно відводити теплоту (q_1) в газове середовище та у рідину (q_2). Оскільки ГГ є фактично теплоізолятором, то після утворення ГГ кірки відбувається збільшення опору теплопередачі (δ_{gg}/λ_{gg}). Разом з тим збільшується опір масопередачі (δ_{gg}/σ_{gg}), оскільки газогідратна кірка погано пропускає газ. Товщина кірки залежить від інтенсивності масообміну (m_g) та часу (τ). Питомий тепловий потік з дифундуючим газом - q_1 ; питомий тепловий потік в рідину - q_2 ; питомий масовий потік газу m_g .

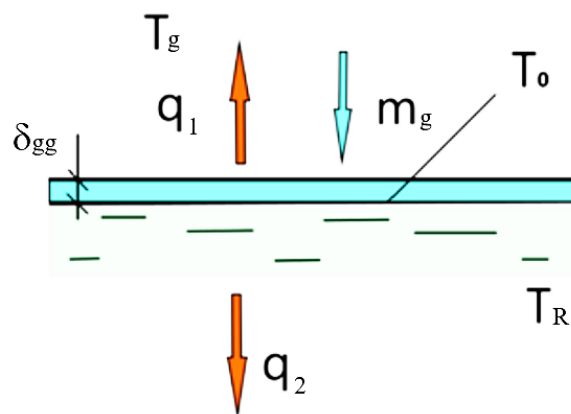


Рисунок 1 – Схема теплових та масових потоків біля міжфазної поверхні

Авторська розробка

Для розрахунку гідратоутворення на міжфазній поверхні можна застосувати систему рівнянь тепло- і масообміну (1), де q – питомий тепловий потік, Вт/м²; T_0 і ρ_0 – температура і густина газу на лінії гідратоутворення, К і кг/м³; T_g та ρ_g – температура і густина газу в апараті, К і кг/м³; α_1 – коефіцієнт



теплообміну біля міжфазної поверхні зі сторони газової фази, Вт/(м²·К); k_2 – коефіцієнт теплопередачі через шар сферичної поверхні зі сторони рідини, Вт/(м²·К); T_w – температура рідини, К; m_w – маса води в краплі, кг; c_w – теплоємність води, Дж/(кг·°С); D – діаметр краплі, м; δ_{gg} – товщина газогідратної кірки, м; σ_{gg} – газопроникність газогідратної кірки, м²/с; λ_{gg} – коефіцієнт теплопровідності ГГ, Вт/(м·К); m_g – питомий масовий потік, кг/(с·м²); β – коефіцієнт масовіддачі, м/с; r_{gg} – теплота дисоціації ГГ, Дж/кг; \bar{m}_{gg} – масовий газовміст газогідрату, кг/кг; Nu і Nu' – відповідно теплообмінний та дифузійний критерії Нуссельта; D_g – коефіцієнт молекулярної дифузії, м²/с; λ_g – коефіцієнт теплопровідності газу, Вт/(м·К).

Важливою умовою є уникнення утворення льоду як на міжфазній поверхні, так і в об'ємі краплі.

$$\left\{ \begin{array}{l} q_3 = q_1 + q_2 \\ q_1 = \frac{T_0 - T_g}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{gg}}{\lambda_{gg}}}; q_2 = k_2 (T_0 - T_w) \\ q_3 = \frac{m_g \cdot r_{gg}}{\bar{m}_{gg}} \\ \frac{m_w c_w}{\pi D^2} \frac{dT_w}{d\tau} = k_2 (T_0 - T_w) \\ \beta = \frac{Nu' D_g \alpha_1}{Nu \lambda_g} \\ m_g = \frac{\rho_g - \rho_0}{\frac{1}{\beta} + \frac{\delta_{gg}}{\sigma_{gg}}} \\ \frac{d\delta_{gg}}{d\tau} = \frac{m_g}{\bar{m}_{gg} \rho_{gg}} \\ T_0 \geq 273,15 K; T_w \geq 273,15 K \end{array} \right. \quad (1)$$

Для виконання завдань математичного моделювання розроблена комп'ютерна програма *syntez*. Система диференціальних рівнянь першого порядку вирішується методом Рунге-Кутта 4-го порядку.

При гідравлічному способі розпилення вдається отримати аерозоль з дисперсністю від 30 до 500 мкм. Дисперсність аерозолу при пневматичному способі розпилення лежить в межах 50÷200 мкм [7]. Тому в подальших розрахунках прийнято діапазон крапель в межах 30÷500 мкм.

Взаємна початкова швидкість краплі в газовій фазі визначається конструктивними особливостями форсунок та тиском середовища яке



подається у форсунок. Для різних видів форсунок найбільш розповсюдженими швидкостями є інтервал $10 \div 100$ м/с. Як показали розрахунки, рух краплі, на якій і спостерігається накопичення газогідрату, на основній частині шляху відбувається зі швидкістю витання, не зважаючи на початкову швидкість газу.

Зміну товщини кірки ГГ в часі (τ) для крапель діаметром 500 мкм, при тиску газу 4,9 МПа, температурі газу 0°C та температурі води $+5^\circ\text{C}$, можна апроксимувати рівнянням, мм

$$\delta_{gg} = \frac{\tau^{0,6}}{10^4} \quad (2)$$

Отримані результати показують, що відбувається значне сповільнення масообмінних процесів із часом, тому процес синтезу ГГ треба організовувати таким чином, щоб тривалість контакту фаз була якомога більшою.

Досліджено вплив розміру крапель води на кількість газогідрату (V_d) для різних розмірів крапель ($D = 0,03 \div 0,5$ мм) при тиску газу 4,9 МПа. Порівняно з краплями розміром 500 мкм (V_{500}) характер впливу розміру крапель можна описати апроксимаційною кривою:

$$V_d = 0,515 \frac{V_{500}}{D^{0,941}} \quad (3)$$

Отримані результати вказують на те, що зменшення розміру крапель дозволяє пропорційно збільшити кількість отриманого газогідрату.

Важливим чинником для інтенсифікації промислового синтезу ГГ є також температура газу – чим вона нижча, тим швидше утворюватиметься ГГ. Проте при зниженні температури інтенсивність масообміну може знизитися настільки, що почнеться обмерзання краплі. Результати математичного моделювання для цих процесів зручно розглядати у вигляді графіка (рисунок 2).

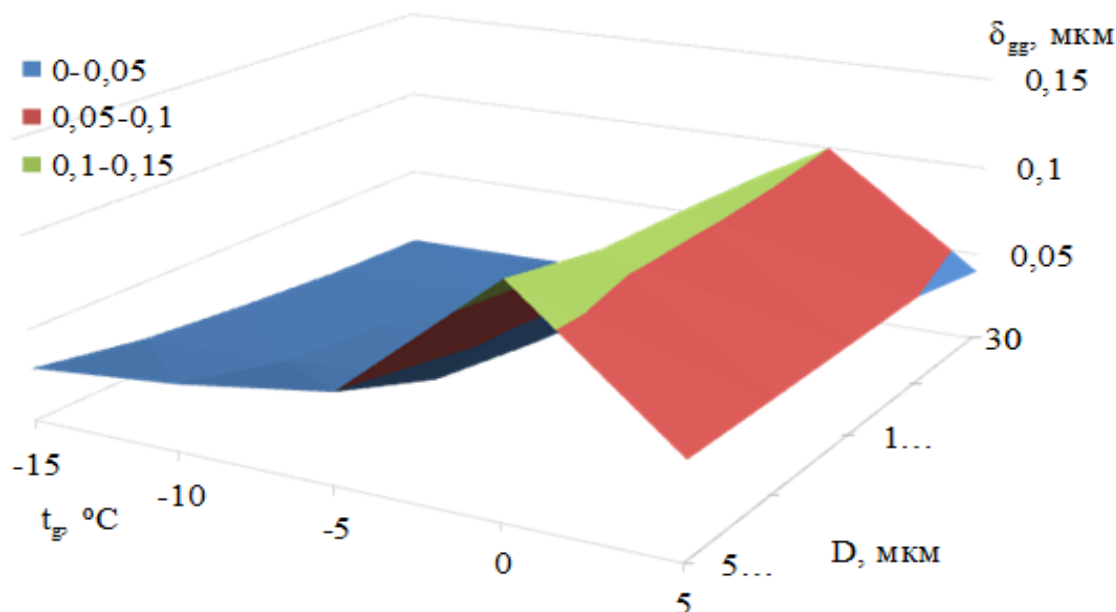


Рисунок 2 - Товщина газогідратної кірки (δ_{gg}) залежно від температури газу (t_g) та розміру крапель рідини (D)
Авторська розробка



Аналіз отриманих результатів показує, що оптимальною температурою синтезу ГГ є $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. При від'ємних температурах газу інтенсивність гідратуутворення зростає, але відбувається обмерзання крапель води, а товщина газогідратної кірки залишається на порядок меншою, ніж в оптимальних умовах. Підвищення температури газу також призводить до сповільнення масообмінних процесів, а товщина кірки ГГ теж стрімко зменшується.

Для оцінки впливу газопроникності газогідратної кірки на її товщину проведено розрахункові дослідження утворення ГГ при різних значеннях газопроникності (σ) (рисунок 3). У якості «базового» значення прийнято товщину газогідратної кірки δ_{14} , яка утворюється на поверхні краплі при газопроникності ГГ на рівні $\sigma=5\cdot 10^{-14}$.

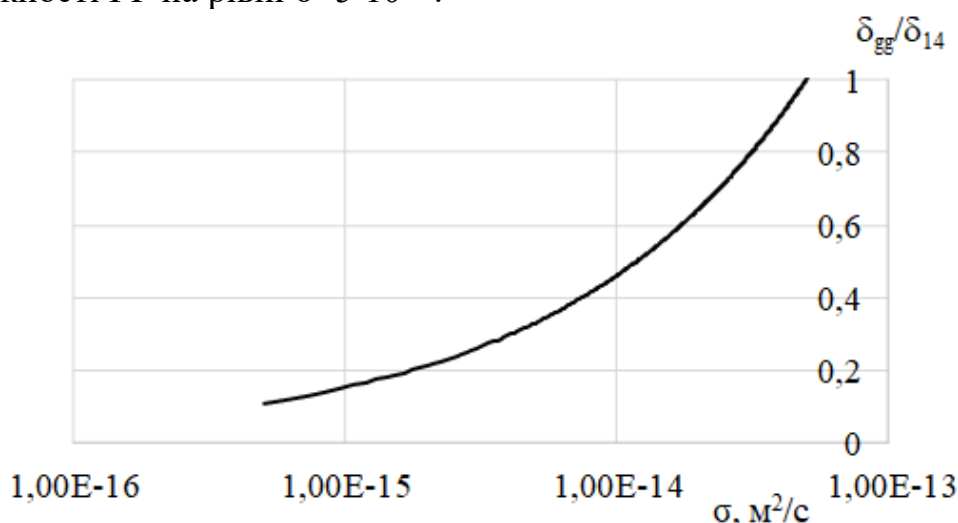


Рисунок 3 - Вплив газопроникності ГГ на товщину ГГ кірки на поверхні краплі

Авторська розробка

Отримані результати переконливо доводять, що зменшення газопроникності спричиняє істотне зменшення кількості утвореного ГГ. Тому необхідні подальші експериментальні дослідження для уточнення газопроникності ГГ.

Важливим чинником гідратуутворення є тиск газу. З метою встановлення кількісних характеристик його впливу було виконано ряд розрахунків. Виявлено, що збільшення тиску в 2 рази дозволяє збільшити швидкість синтезу ГГ метану приблизно в $2\div 2,5$ рази.

Математичне моделювання синтезу ГГ показало перспективність застосування крапель розміром менше 100 мкм. Зменшення розміру крапель у 2 рази дозволяє у 2-4 рази збільшити інтенсивність гідратуутворення. При цьому оптимальною температурою газу для гідратуутворення є $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Відхилення від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ спричинить різке зменшення інтенсивності гідратуутворення.

Висновки.

Таким чином, у результаті математичного моделювання процесу синтезу гідрату метану на поверхні краплі води, яка рухається в газовому потоці, встановлено кількісні залежності, які враховують вплив таких факторів, як



розмір крапель рідини; різних взаємних швидкостей газу та краплі; часу; тисків та температур газу; газопроникності ГГ. Отримано апроксимаційні формули які характеризують вплив цих факторів і дозволяють прогнозувати інтенсивність гідратуутворення в установках інжекційного типу.

Встановлено, що головними шляхами інтенсифікації синтезу газогідратів є: отримання дрібніших крапель води, підтримання температури газу на рівні 0°C, підвищення тиску газу, збільшення тривалості перебування краплі в газовому середовищі.

Література:

1. Макогон Ю.Ф. Газогидраты. История изучения и перспективы освоения // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2010. – №2. – С. 5–21.
2. Нефёдов П.А. Особенности кинетики гидратообразования метана в водных растворах электролитов / П.А. Нефёдов, А.А. Джеджерова, В.А. Истомин, С.И. Долгаев, В.Г. Квон // Вести газовой науки. – 2014. – №2 (18). – С. 83–89.
3. Сай К.С. Экспериментальні дослідження отримання газових гідратів з метану вугільних шахт / К.С. Сай, М.В. Петльований, П.Б. Саїк, В.Г. Лозинський, О.В. Черняєва // Вісник ЖДТУ. – 2019. – № 1 (83). – С. 276–282.
4. Шалугін В.С. Процеси та апарати промислових технологій / Шалугін В.С., Шмандій В.М. К.: Центр учбової літератури. 2008. – 392 с.
5. Педченко М.М. Гідратоутворення вуглеводневих газів: монографія / М.М. Педченко; за ред. В.С. Білецького – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – 182 с.
6. Б.А. Кутний Термодинамічні основи синтезу газових гідратів: монографія. Івано-Франківськ: видавництво ІФНТУНГ, 2019. – 230 с.
7. О.Ф. Луговський Способи та пристрої для отримання рідинного аерозолі / Луговський О.Ф., Ляшок А.В., Пижигов Ю.О. / Вісник НТУ України КПІ, Серія Машинобудування. –2011. – №61. – С.107–112.

***Abstract.** The problems and prospects of the industrial synthesis of gas hydrates are considered, The prospect of using mass transfer devices with a dynamic interphase surface for the synthesis of gas hydrates is substantiated. A mathematical model of hydrate formation on the surface of a water droplet in a gas flow has been developed. Digital solutions were obtained for drops of different sizes at different water temperatures, gas velocities and pressures, and different gas permeability of gas hydrates. The dynamics of hydrate formation over time was studied. Measures have been established to increase the efficiency of gas hydrate synthesis. The decisive influencing factors on the intensification of mass exchange processes are identified. Approximation formulas for calculating quantitative indicators of the influence of a set of factors on the formation of methane gas hydrate have been obtained. The analysis of the obtained results made it possible to establish promising directions for the optimization of equipment for the synthesis of gas hydrates.*

***Key words:** gas hydrates, heat exchange, intensification of mass exchange, synthesis of gas hydrates, heat and mass exchange, hydrate formation.*

Стаття віправлена: 24.04.2023 р.

© Кутний Б.А.

© Чернецька І.В..



УДК 637.146.2

**RATIONAL PARAMETERS FOR THE PROCESSING OF GOAT MILK
INTO SOUR-DAIRED CHEESE****РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ПЕРЕРОБКИ КОЗИНОГО МОЛОКА НА СІР
КИСЛОМОЛОЧНИЙ****Ryzhkova T.M. / Рижкова Т. М.***Doctor of Technical Sciences, Professor/ доктор технічних наук, професор*

ORCID: 0000-0001-88115547

Lysenko H.L. / Лисенко Г. Л.*PhD in Agricultural Sciences, associate professor /кандидат с.-г. наук, доцент*

ORCID: 0000-0002-7481-5742

Heida I.M. / Гейда І. М.*Senior Lecturer of department/старший викладач кафедри*

ORCID: 0000-0001-9580-099

Bodnarchuk I.M. / Боднарчук І.М.

ORCID: 0000-0001-5740-299X

*Senior Lecturer of department/старший викладач кафедри**State Biotechnological University, Alchevskykh street, 44, Kharkiv, 61002**Державний біотехнологічний університет, Харків, вул. Алчевських, 44, 61002*

Анотація. В статті викладені результати досліджень зі встановлення раціональних параметрів переробки козиного молока на сир кисломолочний. Для цього визначали раціональні температурні режими оброблення козиного молока. За раціональну температуру зсідання молока, було вибрано температуру $32 \pm 2^\circ\text{C}$.

Порівняльний аналіз сирів вироблених з козиного та коров'ячого молока за сумарним вмістом амінокислот показав, що вироблені сири практично не розрізнялися, проте сума незамінних амінокислот у знежиреному козиному сирі була на 2,79 % більшою, порівняно з аналогічним показником у коров'ячому ($P \geq 0,95$). Тобто, сир із козиного молока характеризувався більшою біологічною цінністю. Це свідчить про доцільність виробництва сиру з козиного молока для поповнення раціону харчування населення продуктами підвищеної біологічної цінності.

Ключові слова: молоко козине, молоко коров'яче, біологічна цінність, температурні режими, переробка, сир кисломолочний.

Вступ. Козине молоко поряд з коров'ячим і овечим багато століть використовувалось сільським населенням України як основний продукт харчування. Така перевага пояснювалась відносною простою та меншими економічними витратами на утримання кіз порівняно з великою рогатою худобою.

Козяче молоко та інші продукти козиного походження містять кілька біологічно активних сполучень, які можуть бути корисні пацієнтам, які страждають на різні хронічні захворювання. Декілька пептидів, жирів та олігосахаридів, присутніх у козячому молоці, можуть бути потенційно корисні при серцево-судинних захворюваннях, порушеннях обміну речовин, неврологічної дегенерації або для покращення здоров'я кишечника.

Технології переробки козиного молока на промисловій основі привертають певну увагу науковців. Однак, необхідно проводити дослідження з підвищення придатності козиного молока, як сировини для молочної індустрії. Напрямок досліджень необхідно постійно вдосконалювати для того, щоб козине молоко



стало «життєздатним та конкурентоспроможним» в молочному скотарстві [1].

У всьому світі, крім популярних сирів і йогурту, з козиного молока виробляють кисломолочні напої, пастеризоване, згущене та сухе молоко, морозиво. Також козине молоко використовують в косметичній та кондитерській промисловості. При цьому збільшення обсягів виробництва продукції з козиного молока стримує існуюча проблема - це наявність в ньому специфічного смаку та " козиного " аромату [2].

Наразі спостерігається новий тренд у молочній галузі - переробка козячого молока на питне молоко та кисломолочні продукти. Цьому сприяє наявність діючого національного стандарту на молоко козине [3].

За останні роки, кількість поголів'я великої рогатої худоби в Україні стрімко зменшується, тому все більша увага приділяється козиному молоку, як новому виду сировини для молочної промисловості.

Гурмани в один голос стверджують, що козине молоко ніжніше та смачніше, ніж коров'яче. А тим, яким воно не подобається, акцентують увагу тільки на його специфічному присмаку [4]. Проте, попит населення у споживанні високоякісних молочних продуктів із козиного молока, а саме на сири, сир кисломолочний та на масло постійно зростає.

Властивості козиного молока можуть бути використані для виробництва найрізноманітніших продуктів, однак високоякісні продукти можуть бути виготовлені тільки з козиного молока доброї якості [5].

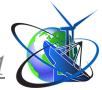
Відомо, що кисломолочний сир, має велике значення в харчуванні людей, оскільки крім харчової цінності він має дієтичні та лікувальні властивості. Технологія виробництва, сиру кисломолочного заснована на використанні ферментів мікроорганізмів, що входять до складу заквасок [6].

Слід зазначити, що більшість наукових статей вчених присвячено розробці та вдосконаленню технології сиру з коров'ячого молока. При створенні технології промислового виробництва сиру з козиного молока, використання біотехнологічних методів, спрямованих на зниження специфічного смаку і запаху жиропоту кіз у ферментованих харчових продуктах, досі не зустрічалося.

Мета досліджень. Визначення раціональних параметрів переробки козиного молока на сир кисломолочний. Проведення порівняльного аналізу фізико-хімічних показників та біологічної цінності знежиреного кисломолочного сиру виробленого з коров'ячого та козиного молока.

Методи досліджень. При виконанні досліджень були використані загальноприйняті методи та методики досліджень.

Наразі відомо, що білки козиного молока різняться високим рівнем збалансованості амінокислотного складу, тому виробництво сиру кисломолочного із нього дозволить розширити асортимент повноцінних ферментованих білкових молочних продуктів, що не поступається якості аналогічним продуктам з коров'ячого молока. Через специфіку білків козиного молока, молочний згусток, утворюється м'якої консистенції, з високим рівнем відходу білків з сироваткою, що є небажаним фактором для промислової переробки. Вирішення цих проблем потребувало опрацювання певних засобів



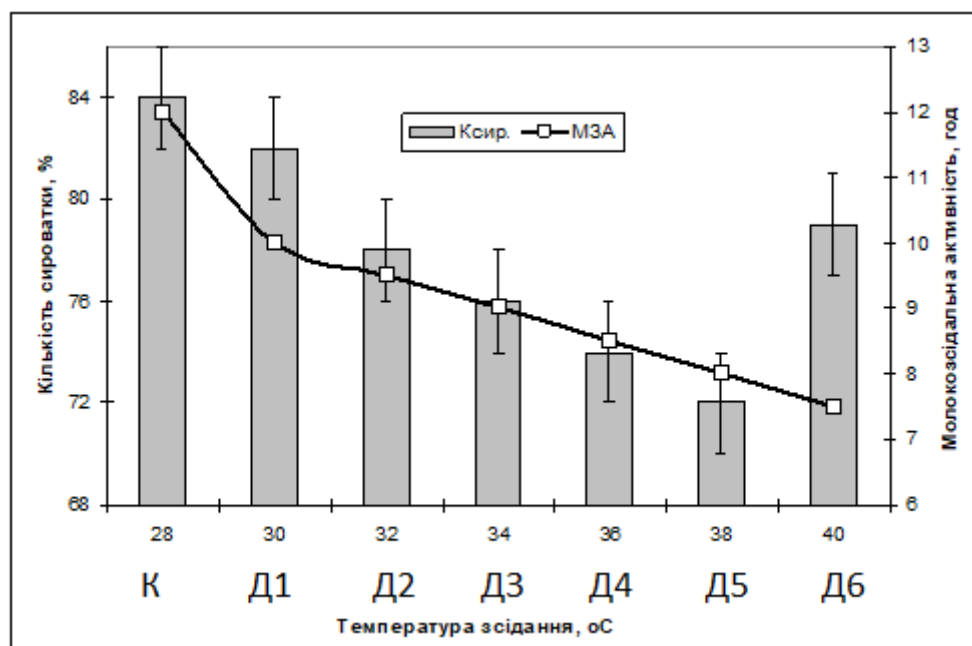
спрямованих на підвищення технологічності козиного молока для виробництва цього виду білкового продукту. Зокрема були підібрані раціональні режими кожної із технологічних операцій виробництва кисломолочного сиру (пастеризації, сичужного зсідання, отримання згустку).

На першому етапі розробки технології козиного сиру кисломолочного було уточнено температурні режими оброблення козиного молока (пастеризацію та охолодження до температури заквашування і сквашування).

Для цього готували 7 варіантів козиного сиру. Для виробництва контрольного варіанту сиру (К) – козине молоко пастеризували при температурі 72 °С. Для виробництва 6 дослідних варіантів сирів (Д1-Д6) – молоко пастеризували за температури: Д1-74 °С, Д2-76 °С, Д3-78 °С, Д4-80 °С, Д5-82 °С і Д6-84 °С. Дослідні зразки молока після пастеризації охолоджували до температури сквашування: Д1-30 °С, Д2-32±2 °С, Д3-34±2 °С, Д4-36±2 °С, Д5-38±2 °С і Д6-40±2 °С. Контрольний варіант молока - до температури 28±2 °С. Для сквашування козиного молока було обрано традиційну у виробництві сиру кисломолочного з коров'ячого молока закваску «СМТ» та і МЕП Фромаза, які вносили у підготовлену молочну основу відповідно із розрахунку 3,0±0,5 % і 1,5 - 2,0 г та на 1 т молока. Зсідання молока вели у продовж 10 год. Результати досліджень наведено на рис. 1

Встановлено, що кількість вилученої сироватки знижувалась з підвищенням температури сичужного зсідання у варіантах досліді Д1 - Д5, що свідчить про підвищення вологоутримувальної здатності білкового згустку.

Ферментація за температури 40 °С призвела до різкого збільшення кількості відділеної сироватки унаслідок ущільнення молочного гелю. Це негативно відбилося на погіршанні якості сиру, зокрема появі крупчастої консистенції.



К сир. – кількість вилученої сироватки, *МЗА* – молокозсідальна активність

Рисуюнок 1 - Вплив температурного режиму оброблення козиного молока на кількість вилученої сироватки



Що стосується тривалості зсідання молока, вона монотонно знижувалась з підвищення температури і була найменшою у варіанті Д6 (40 °С). Поєднуючи ці дані для виробництва сиру кисломолочного та враховуючи регламентований для кисломолочного сиру рівень вологи 76 - 78 %, за раціональну температуру зсідання молока при виробництві вище вказаного продукту, було вибрано температуру 32 ± 2 °С.

Порівняльний аналіз фізико-хімічних показників знежиреного кисломолочного сиру виробленого з коров'ячого та козиного молока показав, що масова частка білку в знежиреному сирі з козиного молока була більшою на 10,3 %, в порівнянні з аналогічним показником у продукті, виготовленому із коров'ячого ($P \geq 0,95$) (табл. 1).

Дослідженнями встановлено, що масова частка вологи в козиному сирі була меншою на 8,7 %, порівняно з аналогічним показником у продукті з коров'ячого молока ($P \geq 0,95$).

Таблиця 1 - Фізико-хімічні показники кисломолочного сиру

Показники	Сир	
	коров'ячого	козиного
Масова частка білка, %	16,2±0,5	26,5±0,5
Масова частка вологи, %	76,2±0,5	67,5±0,5
Кислотність, °Т	200,0±0,5	186,0±0,5
Витрата молока на виготовлення 1 т сиру	7784,0±1	7794,0±1
Вихід сиру, кг	128,46±0,01	128,30±0,01

Однак витрати козиного молока при виробництві 1 т сиру були на 10 кг більшими, порівняно з коров'ячим. Через високу дисперсну структуру міцел казеїну та жирних кислот козиного молока, під час виробництва спостерігалися втрати білку та жиру із сирним пилом. Як наслідок це сприяло меншому виходу готового продукту з 1 т козиного молока - на 0,16 кг ($P \geq 0,95$).

Дані таблиці 1 також свідчать, що козиний сир характеризувався нижчою кислотністю, ніж коров'ячий - на 14 °Т.

Також нами були проведені дослідження з амінокислотного складу білка знежиреного коров'ячого і козиного сиру. Було встановлено, що за сумарним вмістом амінокислот вироблені сири практично не розрізнялися, проте сума незамінних амінокислот (аргініну, валіну, ізолейцину, лізину, лейцину, метіоніну, треоніну фенілаланіну) у знежиреному козиному сирі була на 2,79 % більшою, порівняно з аналогічним показником у коров'ячому ($P \geq 0,95$).

Результати досліджень біологічної цінності козиного і коров'ячого сирів які порівняні зі шкалою ФАО/ВОЗ, наведені в таблиці 2.

Встановлено, що в козиному сирі вміст незамінних амінокислот значно перевищує їх кількість в ідеальному білку ФАО/ВОЗ. Різниця становить 24-102 % за винятком сірковмісних амінокислот та фенілаланіну, кількість яких була меншою на 6 % і 3 % від стандарту. Необхідно відмітити, що сир із коров'ячого молока характеризувався меншою біологічною цінністю порівняно із сиром із



козиного молока. Це свідчить про доцільність виробництва сиру з козиного молока для поповнення раціону харчування населення продуктами підвищеної біологічної цінності.

Таблиця 2 - Біологічна цінність кисломолочного сиру

Назва незамінних амінокислот	Вміст АК, г/100 г білка			Скор, % до шкали	
	Шкала ФАО/ВОЗ	Козине	Коров'яче	Козине	Коров'яче
Валін	5,0	6,2	5,3	124	106
Ізолейцин	4,0	8,1	4,3	202	108
Лейцин	7,0	11,6	8,1	166	116
Лізин	5,5	9,1	6,4	164	116
Метіонін+цистеїн	3,5	3,3	2,4	94	68
Фенілаланін+тирозин	6,0	5,8	4,8	97	80
Треонін	4,0	6,0	4,1	150	102

Висновки

1. Встановлено раціональні температурні режими обробки козиного молока при переробці його на сир кисломолочний: температура пастеризації молока 76 ± 2 °C, температура згортання молока – 32 ± 2 °C.

2. Порівняльний аналіз фізико-хімічних показників знежиреного кисломолочного сиру з коров'ячого та козиного молока показав, що масова частка білка в знежиреному сирі з козиного молока була більшою на 10,3 %, в порівнянні з аналогічним показником у продукті, виготовленому із коров'ячого. Козиний сир характеризувався нижчою кислотністю, ніж коров'ячий - на 14 °T.

3. Витрати козиного молока при виробництві 1 т сиру були на 10 кг більшими, порівняно з коров'ячим. Через високу дисперсну структуру міцел казеїну та жирних кислот козиного молока, під час виробництва спостерігалися втрати білку та жиру із сирним пилом. Як наслідок це сприяло меншому виходу готового продукту з 1 т козиного молока - на 0,16 кг ($P \geq 0,95$).

4. Встановлено, що за сумарним вмістом амінокислот вироблені сири практично не розрізнялися, проте сума незамінних амінокислот (аргініну, валіну, ізолейцину, лізину, лейцину, метіоніну, треоніну, фенілаланіну) у знежиреному козиному сирі була на 2,79 % більшою, порівняно з аналогічним показником у коров'ячому ($P \geq 0,95$).

5. Сир із козиного молока характеризувався більшою біологічною цінністю, порівняно з аналогічним продуктом, виробленим на основі коров'ячого молока. Це свідчить про доцільність виробництва сиру з козиного молока для поповнення раціону харчування населення продуктами підвищеної біологічної цінності.

Література

1. Maria João Reis Lima, Edite Teixeira-Lemos, Jorge Oliveira, Luís P. Teixeira-Lemos, António M.C. Monteiro and José M. Nutritional and health profile of goat products: Focus on health benefits of goat milk. Book: Goat Science Goat



Science, (2017), -185 p. DOI: 10.5772/intechopen.

2. Pandya A. J., Ghodke A. J. Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt // Small Ruminant Research (2007), - Vol. 68, № 1–2. – P. 193–206.

3. Дмитренко І.І., Рижкова Т.М. Молоко козине. Технічні мови (ДСТУ 7006:2009) - [Чинний від 01.01.10.]. - К. Госпотребстандарт України (2010). - (Національні стандарти України). – 9 с.

4. Рыжкова Т.Н. Козье молоко – нектар Богов. Что мы о нем знаем ?// Надежда планеты. 2009. - № 3. - С. 10-12.

5. Nilkanth Pawar, Kamal Gandhi, Akash Purohit, Sumit Arora, R. R. B. Singh Effect of added herb extracts on oxidative stability of ghee (butter oil) during accelerated oxidation condition. Journal of Food Science and Technology. October, (2014), Volume 51. 2733 p.

6. Кигель Н. Закваски для кисломолочных продуктов: Эфир Кигеля // Молочная промышленность. 2005. - С. 26-29.

Abstract. This article presents the results of research on determining the optimal processing parameters for goat milk to produce fermented cheese. To achieve this, rational temperature regimes for processing goat milk were determined. The rational milk coagulation temperature was selected as $32\pm 2^{\circ}\text{C}$.

A comparative analysis of cheeses made from goat and cow's milk for the total content of amino acids showed that the produced cheeses were practically indistinguishable, but the sum of essential amino acids in the low-fat goat cheese was 2.79% higher compared to the corresponding indicator in cow's milk cheese ($P \geq 0.95$). This indicates that cheese made from goat milk had higher biological value. Therefore, it is advisable to produce cheese from goat milk to supplement the population's diet with products of increased nutritional value.

Keywords: goat milk, cow's milk, biological value, temperature regimes, processing, fermented cheese.

Стаття відправлена: 19.04.2023

© Гейда І.М.



УДК: 637.142.2

**TECHNOLOGY IMPROVEMENT OF TURKISH SWEETS
USING REGIONAL RAW MATERIALS****УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТУРЕЦЬКИХ СОЛОДОЩІВ
З ВИКОРИСТАННЯМ РЕГІОНАЛЬНОЇ СИРОВИНИ****Fialkovska L./ Фиалковская Л.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4353-0963>**Kryzhak L. / Крижак Л.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*ORSID: <http://orcid.org/0000-0002-4882-897X>*Vinnitsia Trade and Economic Institute KNTEU**Address: 21050, Ukraine, Vinnitsia, st. Sobornaya, 87**Винницький торгово-економічний інститут**Государственного торгово-экономического университета*

Анотація. У статті досліджено технологічні особливості приготування турецьких десертів з додаванням регіональної сировини. Обґрунтовано доцільність використання вишневого соку для заправки шербету, який використовується з метою просочування печива «Шекерпаре».

Ключові слова: технологія, солодощі, вітаміни, інгредієнти, вишневий та лимонний сік, властивості, харчова цінність.

Вступ.

Культура і традиції Туреччини є дуже багатими, не залишилась осторонь і кондитерська справа. З часів Османської імперії і до сьогодні збереглися багато традиційних рецептів солодощів, якими частували навіть султана. Недостатньо буде сказати, що турецькі десерти є дуже різноманітними. В Україні приблизно 20 % ринку зайнято збутом турецьких солодощів. Зазвичай вони не високої якості і не є різноманітними. Основна проблема їх приготування – високий дефіцит регіональних інгредієнтів і недостатня модернізація підприємств. Основні джерела турецьких солодощів, які є якісними – це щойно приготовані. А, отже – це ресторани турецької кухні. В Україні найпоширеніші ресторани турецької кухні – це мережа ресторанів *By Da²sh* та приготуванням десерту «Шекерпаре». Ці солодощі - дуже смачне мигдалеве печиво, яке прикрашають цілими ядрами горіхів та щедро поливають рідким шербетом або медом [1,2,3].

Легка кислота, соковитість і приємний аромат української вишні значно підвищить якість готових виробів, достатньо удосконалив рецептуру печива «Шекерпаре».

Постановка проблеми. Метою дослідження є обґрунтування доцільності та розробка технології і рецептури з використанням регіональних інгредієнтів турецького десерту «Шекерпаре», для покращення його харчових якостей та з перспективою впровадження у ресторані «*Turkish city by Da²sh*» [4].

Викладення основного матеріалу. Відомо, що організм людини не синтезує вітаміни або синтезує в недостатній кількості. У наш час відомо близько 30 вітамінів, з них приблизно 20 надходять до організму людини з рослинною та тваринною їжею. Вітаміни мають високу біологічну активність і



потрібні організму в дуже малих дозах – від декількох мікрограмів до десятків міліграмів на добу. Якщо вітамінів не вистачає, порушуються обмінні процеси, погіршується стан здоров'я, знижуються захисні сили організму.

Важливим джерелом вітамінів є фрукти та овочі, їх використання до різних страв. Аналізуючи харчову цінність печива – можна прийти до висновку, що воно містить у собі жири, цукри і в першу черги вітаміни, а саме які є у шербеті вишневого (на основі вишневого соку). Оскільки шербет готується на основі цукру, води та вишні – то цукор пригнічує весь негативний вплив вишні на організм. Це низькокалорійна ягода. Склад вишні дуже багатий різноманітними вітамінами, мікроелементами та корисними речовинами. А саме вуглеводи: глюкоза – 5.5 %; фруктоза – 4.5 %; сахароза – 0.3 %. Мінерали – мідь, залізо, калій, кальцій, фосфор, магній, натрій, цинк. [6]

Рослинна клітковина у складі вишні займає 0.5 %. На 100 грамів продукту припадає 0.8 г білку, 0.5 г жирів та 11.3 г вуглеводів.

Органічні кислоти у вишні займають до 2 % продукту (середній рівень – 1.3 %), і представлені здебільшого яблучною кислотою (до 1.2 %).

В загальному вишня включає такі природні кислоти: лимонна кислота, яблучна кислота, саліцилова кислота, оцтова кислота, бурштинова кислота, молочна кислота, мурашина кислота.

Вишня – ягода повна корисних вітамінів. Серед найвідоміших та найкорисніших у вишні містяться такі вітаміни: А, С, Е, РР, В9.

Насіння вишні містить 25-35 % жирних олій, 0.16 % ефірної олії, а також амігдалін, при розщепленні котрого утворюється потужна кислота, через що вживання кісточок вишні наполегливо не рекомендується.

Вишня покращує процеси травлення та обмін речовин, сприяє розщепленню жирів, та стане у нагоді тим, хто бажає скинути зайві кілограми. Сама по собі вона не володіє жироспалювальними властивостями, проте у комплексі – чудовий помічник у цій справі.

Вживання вишні допомагає стабілізувати роботу серцево-судинної системи, покращує стан нервової системи, заспокоює, врегульовує сон та піднімає настрій. До того ж зміцнює капіляри, знімає втому.

Також вишня чудово очищує організм, зокрема завдяки тому, що в ній багато антиоксидантів. Вишня має протизапальну та бактерицидну дію, а також очищає печінку, виводить з організму шлаки та токсини.

Технологічний процес приготування. Насамперед потрібно зварити шербет, тому що йому потрібен час на охолодження. У сотейник вливаємо воду і додаємо цукор. Доводимо сироп до кипіння і кип'ятимо 10 хвилин. Додаємо вишневий сік (лимонний сік) і проварюємо ще 5 хвилин. Цей вид шербету легкий, тому довше його уварювати, непотрібно.

Замішуємо тісто на шекерпарі. У миску просіюємо борошно, змішуємо з манною крупою, цукровою пудрою та розпушувачем. По центру робимо поглиблення та вливаємо розтоплене вершкове масло (воно не повинно бути гарячим, можна тепле). Можна взяти масло і маргарин у співвідношенні 1:1, але повністю замінювати маргарином не варто, адже печиво буде твердішим і вийде гірше на смак.



Розмішуємо борошно з маслом за допомогою ложки, а потім перетираємо руками - вийде крупка. Додаємо яйця та ще раз інтенсивно вимішуємо. Спочатку тісто буде дуже липким, але в міру того, як його вимішувати, воно перестане липнути, стане однорідним. Борошно забороняється підсипати! Потрібно досягти повністю гладкої консистенції. При встановленій температурі масло перемішується з пудрою, вона розтає, і процес вимішування буде легкий. Тісто має вийти дуже м'яким, як кажуть у Туреччині: «за консистенцією, як мочка вуха».

Варто зауважити, що до тіста можна додати перебиті горіхи (мигдаль або волоські), або ж – їх можна використати лише для прикраси. З тіста катаємо кульки розміром трохи більше волоського горіха (вага 30 г). Потім кожен кульку приплющуємо долонею – з метою, щоб тісто всередині добре пропікалося, і не залишилося сирим. Викладаємо заготовки на деко, змащене олією.

У середину вдавлюємо горіх - це може бути мигдаль, фундук, арахіс, фісташки або будь-які інші горіхи.

Випікаємо в духовці, попередньо розігрітій до 180 градусів, протягом 25-30 хвилин, до зарум'янювання. Готове печиво виймаємо з духовки і відразу ж, поки гаряче, заливаємо приблизно половиною сиропу. Намагаємося пролити по всій площі. Залишаємо на 20 хвилин, поки сироп поглинеться печивом. Потім, коли десерт трохи охолоне, поливаємо його сиропом, що залишився. Печиво повинне бути занурене в сироп по максимуму, тому форму потрібно обирати глибоку, при необхідності можна поливати ложкою. Головне, щоб просочилась добре, не було такого, що серединка суха. Сироп повинен увібратися майже повністю, а саме печиво стати важким і дуже вологим, тому залишаємо мінімум на 2 години або довше.

Подавати турецьке шекерпаре можна з холодним або гарячим чаєм, а також вприкуску з молоком. Традиційно їсти шекерпаре у Турції прийнято вприкуску з несолодким чаєм з особливих хрустальних чашок – армунд. (від тур. «армунда» – груша). Рецепт складових компонентів десерту «Шекерпаре» з вишневим соком (таблиця 1) та органолептичними показниками вказані в таблиці 2.

Таблиця 1 – Рецепт десерту «Шекерпаре» з вишневим соком

Найменування сировини	Маса сировини, г		Вимоги до якості сировини
	брутто	нетто	
Борошно пшеничне	250	250	Відповідає згідно ДСТУ 46.004-99
Манна крупа	45	45	Відповідає згідно ДСТУ 1055:2006
Вершкове масло	125	125	Відповідає згідно ДСТУ 4399:2005
Розпушувач (натрій дивуглекислий)	5	5	Відповідає згідно ГОСТ 2156-76
Цукрова пудра	60	60	Відповідає згідно ДСТУ 4623-2006
Яйця	2 шт	2 шт	Відповідає згідно ДСТУ 5028:2008
Грецький горіх	120	100	Відповідає згідно ДСТУ 8900:2019
Для вишневого ширбету			-
Цукор	300	300	Відповідає згідно ДСТУ 4623-2006
Вода	500	500	Відповідає згідно ДСТУ 7525:2014
Вишневий сік	50	50	Відповідає згідно ДСТУ 7159:2010
<i>Вихід (готової страви)</i>	-	600	-



Таблиця 2 – Органолептичні показники готового десерту «Шекерпаре» з вишневим соком

Назва показника	Характеристика продукту
Зовнішній вигляд	відповідної форми, зверху печива допускаються невеликі тріщини, притаманні даному виду тіста (пісочне)
Колір	золотистий, без підгорань, зверху повинен бути легкий блиск від шербету
Консистенція	дуже легка, не забита
Смак	солодкий, без присмаків
Запах	притаманний горіху та легкого лимону

Висновки і пропозиції. На основі проведених досліджень приготування шербету «Шекерпаре» з вишневим соком можемо підвести підсумки, що приготувати шербет на основі вишневого соку – це тільки підвищить якість, смак та аромат нашого десерту. За порівняльною біологічною цінністю лимонного і вишневого соку, в таблиці 3 показана поживна цінність вишневого соку в декілька разів вища.

Література:

1. Шекерпаре. Технологія приготування. веб-сайт. URL: <http://menu.inf.ua/9150-49.html> (дата звернення 16.03.2022).
2. Турецькі солодоші. Шекерпаре: веб-сайт. URL: <https://harchi.info/articles/turecki-solodoshchi> (дата звернення 16.03.2022).
3. Вишня звичайна. Ботаніка: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Вишня_звичайна (дата звернення: 16.03.2022).
4. Turkish city café by Da²sh. Меню ресторану та послуги. веб-сайт. URL: <https://www.facebook.com/citycafebydash/> (дата звернення 16.03.2022).
5. Вишня. Дослідження. Веб-сайт. URL: <https://www.unian.ua/health/worldnews/1039802-vishnya-blagotvorno-vplivae-na-organizm-lyudini.html> (дата звернення 16.03.2022).

References

1. Shekerpare. Cooking technology. website. URL: <http://menu.inf.ua/9150-49.html> (access date 03/16/2022).
2. Turkish sweets. Shekerpare: Website. URL: <https://harchi.info/articles/turecki-solodoshchi> (access date 03/16/2022).
3. Common cherry. Botany: Website. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Vishnya_zvychayna (access date: 16.03.2022).
4. Turkish city café by Da²sh. Restaurant menu and services. website. URL: <https://www.facebook.com/citycafebydash/> (access date 03/16/2022).
5. Cherry. Research. Website. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Vishnya_zvychayna (access date: 16.03.2022).

Abstract. The article examines the technological features of the preparation of Turkish desserts with the addition of regional raw materials. The expediency of using cherry juice for topping up sherbet, which is used to impregnate Shakerpare cookies, is substantiated.

Key words: technology, sweets, vitamins, ingredients, cherry and lemon juice, properties, nutritional value.

Стаття отправлена: 20.04.2023 г.
Филковская Л.В., Крыжак Л.М.



УДК 636.22/.28. 082.033.2.17. 2.11.

PRODUCTIVITY OF BUGAIERS OF DIFFERENT BREEDS AND THEIR MIXTURE AT AVERAGE LEVEL OF FEEDING IN CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE BUKOVYNA REGION
ПРОДУКТИВНІСТЬ БУГАЙЦІВ РІЗНИХ ПОРІД І ЇХ ПОМІСЕЙ ПРИ СЕРЕДНЬОМУ РІВНІ ГОДІВЛІ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ РЕГІОНУ БУКОВИНИ

Kalynka A.K./ Калининка А.К.

Candidate of Agricultural Sciences,

Agricultural Experimental Station of Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України

Prylipko T.M. / Приліпко Т.М.,

d.a.s., prof. / д.с.н., проф.

Higher education institution Podolsk State University, Kamianets-Podilskyi, Shevchenko, 13, 32300

Заклад вищої освіти Подільський державний університет

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Abstract. *The proposed article describes the productivity of ruminants of different breeds and their crossbreeds at an average level of feeding in the conditions of the forest-steppe zone of the Carpathian region of Bukovyna. Thus, the results of the research indicate that Bukovyna zonal-type bulls of the Simmental beef cattle breed prevailed by 134g (19.4%) more than their peers - analogs II - black and spotted breed of the milk productivity direction. According to the results of the control slaughter, Bukovyna zonal-type meat Komologo Simmental bulls had a carcass weight of 218.5 kg, which is 32.0 kg (17.1%) more compared to peers - analogues of the black-spotted breed with a slaughter yield at the age of 15 months - obtained from Bukovyna zonal-type beef cattle Simmental - by 5.5% more compared to similar animals of the black and spotted dairy breed. According to indicators of pre-slaughter weight at the age of 15 - months, the best were the bulls of the meat Komologo Simmental cattle. This indicator in them was on average 461.0 kg, which is significantly greater than that of peers of the Bukovinian type of meat Komologo Simmental (1/2 x 1/2 black-and-white) by 3 kg and 16 kg, respectively. It was established that the difference in the protein content of Bukovyna zonal-type Bukovinian beef cattle of 50% x 50% Simmental was higher than that of peers of the black-spotted breed by 1.07%. Research has shown that hemoglobin in animals of the I, II, III - experimental groups was 89.0 - 90.0 g/l, in the 1st experimental group it was increased by 4.4%, with a norm of 90-100 g/l. Erythrocytes, respectively, from - 6.70 to - 6.90 x 10.12 /l. with a norm of 6.70-70.00 x 10 12./l.*

Key words: *breed, type, performance, daily gains, blood biochemistry*

Formulation of the problem.

The formulation of the problem consists in the solution at the modern stage of the production of cheap and high-quality beef during wartime events, which is carried out at the expense of breeding a new population of the Bukovyna zonal type of meat Komologo Simmental cattle with the use of progressive technology of meat cattle breeding, which is relevant in the Bukovyna region.

Therefore, regional scientists using selection and genetic methods created a new type of meat komologo Simmental on the basis of local Simmentals using the best gene pool of the Simmental breed of the meat direction of the productivity of foreign



and domestic breeding to obtain competitive beef, which will ensure an increase in live weight in compared with the young of other planned approved breeds that are being bred in the Carpathian region of Bukovyna [1-5, 7-10].

When creating a new Bukovyna zonal type of meat komologo simmental cattle, scientists, specialist livestock breeders and managers of basic and subsidiary farms of the public sector of various forms of ownership in Chernivtsi region created, in accordance with the new economic and climatic conditions of this controlled region, more productive meat cattle with high growth energy and meat productivity in all physiological periods development An example of the creation of a new generation of beef cattle in this way was the importation of Bugai breeders of the meat Komologo Simmental of foreign origin and the transformation of the new cattle population into the Bukovinian type of meat Simmental [6,11].

Analysis of recent research and publications.

In market conditions, an important incentive for the development of dairy and meat cattle breeding in Ukraine should be a scientifically based approach to the evaluation and quality of meat carcasses and the establishment of differentiated, depending on the grade of beef, its origin (dairy or beef cattle, age of slaughter, sex of the animal, etc.), prices for these products.

Since the formation and consolidation of a new population of Simmental meat lumps consists in obtaining highly productive animals of new genotypes in the meat breed of ruminants, which would combine high growth energy and meat productivity and experimental justification and cultivation to high conditions and would be well adapted to local conditions of the Carpathian zone.

An unsolved problem is that the currently existing system of rationing the energy nutrition of young meat contingent of ruminants of various breeds, at an average level of feeding using own feed without supplementing with biologically active substances from the production of high-quality beef, has no experimental justification in achieving a live weight of 450-500 kg in different zones of the Carpathian region of Ukraine.

In this regard, there is a need for the first experimental justification of the approach to the assessment and quality of meat carcasses and the establishment of differentiated, depending on the grade of beef, its origin of different breeds and their genotypes in the conditions of the Carpathian region of Bukovyna.

The purpose of the work is to study the productivity of cattle of different breeds and their crossbreeds at an average level of feeding in the conditions of the forest-steppe zone of the Carpathian region of Bukovyna. The main main goal of the research is the experimental substantiation of productivity at an average level of feeding and the approach to the evaluation and quality of meat carcasses and the establishment of differentiated, depending on the grade of beef, its origin of different breeds and their genotypes in the conditions of the Carpathian region of Bukovyna. In order to realize the above objectives, the following tasks were set when writing the article: to analyze the feeding of cattle of different breeds and their crossbreeds in terms of meat productivity during the summer and winter growing periods, the slaughter qualities were studied, the carcass weight was determined, the chemical parameters of the meat and the biochemical analysis of blood in experimental



ruminants, namely in the forest-steppe zone of the Bukovyna region.

The object of the research was young animals of different breeds and their genotypes of the new generation of meat Komologo Simmental cattle in the breeding farms of the Chernivtsi region. The research was carried out based on the materials of zootechnical and breeding records on the mother herd of the meat Komologo Simmental in the operating breeding plant of the State Enterprise "Rokytno" STOV "Avangard" in Novoselytskyi, Chernivtsi Region. Simmentals, black-spotted, created Bukovinian zonal type of meat Komologo Simmental and crossbreeds were bred in this farm (created Bukovinian type of meat Simmental 50% x 25% Simmental x 25% red-spotted).

Table 1 - Scheme of a scientific and economic experiment

Breed, genotypes	Порода, генотипи	Number heads	Peculiarities of feeding experimental animals	
			In summer	In winter
Experimental - I	Simmental	8	The ration adopted in the farm: grain mixture, green fodder of annual crops	Basic ration (OR): straw, concentrated fodder, hay, silage, according to norms and structure
Experimental - II	Black and spotted	8	As in 1 - research group	As in 1 - research group
Experimental -III	Bukovyna zonal type of meat Komologo Simmental	8		
Experimental -IV	Bukovyna zonal type of meat Komologo Simmental 1/2 x 1/2 Simmental x 1/2 Black and spotted	8		

In their work, they determined the meat productivity of different breeds and their genotypes (Table 1), such as Simmental (1st experimental group), black-spotted (11th experimental group), Bukovyna zonal type of meat komologo Simmental (50 % x Simmental 50%), (111 - experimental), Bukovyna zonal type of meat komolo Simmental (50% x Simmental 25% x 25% red - spotted) (1U-experimental group) in the forest-steppe zone of Chernivtsi region.

Summary of the main material of the study.

The results indicate that bulls of the Bukovyna zonal type of the Simmental beef cattle breed prevailed by 134g (19.4%) more than their peers - analogs II - the black-and-spotted breed of the milk production direction in terms of average daily gains. In our data studies, it has been proven that with the same structure and nutrition of the rations, the animals of III - research group of the new generation of the Simmental meat breed of Austrian breeding were more precocious.

Therefore, there is reason to believe that the formation of meat productivity of a new population of meat lump Simmental cattle for obtaining cheap and high-quality



beef, high productivity and fattening qualities using the method of absorptive crossing of the local Simmental breed with bulls of meat breeds, in particular with the blood of Austrian selection is the most effective in the conditions of the forest-steppe zone of Bukovyna.

At the end of the final period, upon reaching a live weight of Bugai goats of more than 365.0 - 390.0 kg at the age of 15 months, a control slaughter was carried out. According to the results of the control slaughter, Bukovyna zonal type meat Komologo Simmental bulls had a carcass weight of 218.5 kg, which is 32.0 kg (17.1%) more compared to their peers - analogues of the black-spotted breed. The slaughter yield in animals of the 1U group was almost the same. The highest slaughter yield at the age of 15 months was obtained from Bukovyna zonal type meat Komologo Simmental - by 5.5% more compared to animals - analogues of the black-spotted dairy breed.

It was established that the differences in the main indicators of meat productivity in animals, regardless of their genotype, were high. From the research data, it is quite clear that the largest pre-slaughter carcass weight and slaughter weight was obtained from animals of the III - experimental group. They prevailed by 12.5, 32.0 and 22.3 kg (6.0 – 17.2 and 11.3%) by carcass weight of analogues of groups I - II and IV. It should be noted that bulls of group III also had an advantage over analogues of groups I - II and IV in all indicators of meat productivity. No significant difference was found in the level of meat productivity between animals I and IV - experimental groups. In addition, it was once again shown that domestic animals of the III - experimental group had excellent meat qualities, high carcass yield and slaughter yield with limited fat deposition.

In our research, we studied the results of the control slaughter of experimental bulls of various breeds, crossbreeds and their genotypes (Table 3). It was established that the multiplicity of increase in pre-slaughter live weight was 1.35 times more in animals of the Bukovina zonal type than in other breeds. ruminants The highest pre-slaughter weight at the age of 15-months was 458 kg for Bukovyna zonal-type beef Komologo Simmental bulls, and the lowest was 401.7 for simmental ruminants of the same age.

We did not find a reliable interbreeding difference in the output of the paired carcass in all age periods. By this indicator, the Bugays of the Bukovyna zonal type of meat Komologo Simmental cattle were somewhat better. The slaughtering qualities of Bugays of different breeds and their crossbreeds were studied with the approach to the real capabilities of agricultural enterprises of different forms of ownership in the fodder background with the aim of establishing breed differences in the Carpathian zone. When comparing pre-slaughter live weight and carcass weight, yield of paired carcass, yield of internal heart fat, slaughter weight and slaughter yield in experimental bulls of different breeds, there is a noticeable difference in these parameters [3]. According to indicators of pre-slaughter weight at the age of 15 months, the best were the beef cattle of Komologo and Simmental cattle. This indicator in them was 461.0 kg on average, which is significantly greater than that of peers of the Bukovinian type of meat Komologo Simmental (1/2 x 1/2 black-and-white) by 3 kg and 16 kg, respectively. In terms of slaughter yield, the meat



Komologo Simmental bulls had 59.3%, which is 4.4% more than peers of the black and spotted cattle breed.

Study of the chemical composition and caloric content of the longest back muscle of experimental animals of different planned breeds, types, genotypes and their crossbreeds in the conditions of the Bukovyna region.

Therefore, the high meat productivity of fattening cattle is determined not only by indicators of carcass weight and its morphological composition, but also to a large extent by indicators of nutritional value and biological value of meat as a food product, which is its chemical composition.

Table 2 - Chemical composition of back meat of cattle of different breeds and their genotypes

Indicator	Groups of animals			
	I- experimental	II-- experimental	III-- experimental	IV-- experimental
Water, %	70,95+0,57	71,50+0,37	69,50+0,64	72,05+0,39
Dry matter,%	29,05+0,56	28,5+0,35	30,5+0,65	27,95+0,37
Protein, %	17,94+0,37	19,65+0,45	20,72+0,35	20,29+0,58
Fat, %	8,01+0,86	6,75+0,51	6,94+0,87	7,54+0,38
The ratio of protein to fat	2,31+0,25	2,95+0,21	3,09+0,45	2,71+0,15
Ash, %	1,10+0,01	1,08+0,02	1,07+0,03	1,12+0,03
Calorie content of 1 kg of meat, kJ	6448,6+180,6	6355,0+120,6	6683,6+325,6	6818,0+84,3

From the above (Table2), it can be seen that the difference in the protein content of Bukovinian zonal type of meat komologo Simmental 50% x 50% Simmental was higher than that of peers of the black-spotted breed by 1.07%. The most fat was contained in the meat of animals of the Simmental breed, and the least - in the analogues of crossbreeds of the 1U group, although there was no significant difference. No significant difference was found in terms of meat caloric content, but it should be noted that it was the highest among the Bukhays (Bukovyn zonal type of meat komologo Simmental 50% x 25% Simmental x 25% red-spotted) 6.8 mJ, which 6.3% and 6.3 mJ more than black and spotted. Thus, the young of genotype 2 - group due to obtaining the largest absolute increase in live weight during the experimental period spent the least feed units and exchangeable energy per 1 kg of growth at to a slight increase in consumption of digestible protein relative to the Bugayans analogues of the black and mottled breed.

The results of the conducted research show that no significant difference was found between the research groups in terms of the chemical composition of the meat. The meat of domestic animals is classified as high-quality beef based on the ratio of protein and fat. Based on the above data, it can be assumed that the meat of bulls of the I group contained a little more fat, and III - protein, than that of peers of the II and IV groups. Therefore, their meat had a higher energy value. The data obtained by us coincide with the data of other domestic authors.



At the end of the research, before the control slaughter, blood was taken for the hematological parameters of the blood in the experimental animals at the beginning and at the end of the experiment. Analyzing the hematological parameters of the blood of animals of different breeds and their

hybrids and types, it can be noted that the level of hemoglobin and erythrocytes in experimental animals of all experimental groups was lowered at the beginning of the experiment.

It should be emphasized that the hemoglobin in the animals of the I, II, III - experimental groups was 89.0 - 90.0 g/l, in the 1st experimental group it was increased by 4.4%, with a norm of 90-100 g/l. Erythrocytes, respectively from - 6.70 to - 6.90 x 10.12 /l. with a norm of 6.70-70.00 x 10 12./ l. At the end of the experiment, these indicators stabilized, but this process took place more actively in the calves of the 111-experimental group.

The number of leukocytes was reduced in all groups, and was 3.50 - 6.80 x 10.9/l. At the end of the experiment, a decrease in the number of nuclear neutrophils was observed in the 111-experimental group of Bugai citizens. These studies show that the number of segmented neutrophils in the Bugai population decreased at the end of the experiment and amounted to 28.40% in the I-experimental group, 24.66% in the II-group, 19.80% in the III-group, and group IV – 18.4%.

Analyzing the research data, it was proved that there were changes in the composition of lymphocytes. At the beginning of the experiment, their number increased in the blood of cattle of all groups, while at the end of the experiment, a tendency to decrease was observed. Changes in the number of monocytes in animals of all groups were found above the norm, with a norm of 2.00 - 2.50%, but at the end of the experiment, a decrease in their number was found.

Thus, when using different breeds, crossbreeds and their genotypes in the region, which show their high genetic meat potential not only with the adopted type of feeding, but also to study at an average level of energy in the rations with moderate cultivation on feed of own production to obtain high-quality beef in the conditions of the forest-steppe zone of the Carpathians.

Conclusions and suggestions. It was established that the Bukovinian zonal type of meat Komologo Simmental created by the Ukrainian Simmental meat breed of the new generation of cattle were more precocious with the same structure and nutritional value of the rations, according to average daily gains, they prevailed by 134g (19.4%) more than peers - analogues II - black-and-spotted breed of milk production direction in the fodder conditions of the Bukovyna region.

Bugai people of the new population of the Bukovyna type of meat Simmental have strong constitution, well-developed fleshy forms (straight, wide back and across and back of the body) and are well adapted to the conditions of the Carpathian zone.

References

1. Bogdanov G. O., Melnychuk D. O. Current issues of feeding agricultural animals. Scientific Bulletin of NAU. 2004. No. 74. P. 21–30.
2. Ibatullin, M.I. Bashchenko, O.M. Zhukorsky Handbook on complete feeding of farm animals. Kyiv. Agar science. 2016. 336 p



3. Norms and rations of complete feeding of highly productive cattle: reference manual / Bogdanov G.O. et al. ; under the editorship G. O. Bogdanova, V. M. Kandyby Kyiv: Agrarna nauka, 2012. 296 p.

4. Gnoevoy V.I Biomorphological organization and nutrition of forage: a monograph / V.I. Gnoevoy, A.K. Trishin, I.V. Pus; ed. prof. YOU.Manure. -X.: FLP Brovin A.V, 2017 - 560 p.

5. Kalynka A.K. Productivity of Meat Simmental Bugs in the Foothills of the Carpathian Region of Bukovina / A. K. Kalynka. // Scientific Bulletin. Economic and biological peculiarities of cattle of meat symbolism of a new population in the Carpathian region of Ukraine / Under the scientific editorship of A.K. Kalynka. LLC Nilan-LTD, -2018. P.11 -13.

6. Kazmiruk L.V., Kalynka A.K. Breeding of cattle of planned breeds and their crossbreeds using different technologies of maintenance and feeding in the dairy period in the conditions of the Bukovyna region. Agrarian science and food technology. 2019. Issue 5 (108). T. 1. P. 66-75.

7. Kozyr V. S., Solovyov M. I. Comparative evaluation of livestock of factory types of Ukrainian meat breed. Scientific reports of NUBiP of Ukraine. 2017. No. 6 (70). 11 p.

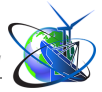
8. Kozyr V. C. Characteristics of beef of meat, combined and dairy cattle breeds. Animal husbandry of Ukraine. 2013. No. 7–8. P. 26–29.

9. Kozyr V. S., Solovyov M. I. Comparative evaluation of livestock of factory types of Ukrainian meat breed. Scientific reports of NUBiP of Ukraine. 2017. No. 6 (70). 11 p.

10. Kotsyumbas I.Y. Modern approaches to control and guaranteeing the safety of feed, feed additives, premixes / I.Ya. Kotsyumbas, TR Levitsky // Proceedings of the VI All-Ukrainian. Conf. "Ukraine. [Compound feeds 2008].K.: EFPIT. 2008. P. 8 - 15.

11. Korh I.V., Kalynka A.K., Prylipko T.M. Influence of elaborated own dietary recipes for suckling young of meat cattle in the stable period of cultivation in the conditions of the foothill zone of the Carpathian gorge region of Bukovina / I.V. Korh, A. K. Kalynka T. M. Prylipko // Coll. of sciences. "YOGO" works with international materials. Research Practice Conf. "Science News: To the 20th Anniversary of Breeding a New Population of the Explicit Simmental in Bukovina", Chernivtsi, August 10, 2019 / under the sciences. ed. A.K. Kalinki. - Chernivtsi: NGO "European Science Platform", 2019. C. 76-79.

Анотація. В пропонованій статті викладено продуктивність бугайців різних порід і їх помісей жуйних при середньому рівні годівлі в умовах Лісостепової зони Карпатського регіону Буковини. Так, результати досліджень вказують, що бугайці буковинського зонального типу симентальської м'ясної породи худоби за середньодобовими приростами переважали на 134г (19,4%) більше від ровесників – аналогів II – чорно - рябої породи молочного напрямку продуктивності. За результатами контрольного забою бугайці буковинського зонального тип м'ясного комолого сименталу мали масу туші 218,5кг, що на 32,0кг (17,1%) більше порівняно з ровесниками - аналогами чорно – рябої породи із забійним виходом у віці 15 - місяців отримано від бугайців буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу – на 5,5% більше порівняно з тваринами - аналогами чорно - рябої молочної породи. За показниками перед забійної маси у віці 15 - місяців кращими були бугайці



м'ясного комолого сименталу худоби. Цей показник у них становив в середньому 461,0кг, що достовірно більший, ніж у ровесників буковинського типу м'ясного комолого сименталу 1/2 x 1/2 чорноряба) на відповідно на 3кг та 16 кг. Встановлено, що різниця показників по вмісту протеїну у бугайців буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу 50% x 50% симентальська перевищувала ровесників чорно - рябої породи на 1,07%. В дослідженнях доведено, що гемоглобін у тварин I, II, III - дослідних груп становив 89,0 – 90,0 г/л, у IУ-дослідній був підвищений на 4,4%, при нормі 90-100 г/л. Еритроцити відповідно від 6,70 до – 6,90 x 10.12 /л. при нормі 6,70 – 70,00 x 10¹²./л.

Ключові слова: Порода, тип, продуктивність, добові прирости, біохімія крові



УДК 614.9:579. 62:613, 287:613,287.5

STUDY OF THE INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL, CHEMICAL AND PHYSICAL HAZARDOUS FACTORS IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF DAIRY PRODUCTS PRODUCTION**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ, ХІМІЧНИХ І ФІЗИЧНИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ****Рыліпко Т.М. / Приліпко Т.М.,***d.a.s., prof. / д.с.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

*Higher Educational Institution "Podillia State University",**Kamianets-Podilskyi, Shevchenko str., 12, 32316**Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"***Bukalova N. V / Букалова Н.В.***Ph.D. (Veterinary), канд. вет. н., доц.*

ORCID: 0000-0003-4856-3040

*Bila Tserkva National Agrarian, Bila Tserkva, Soborna 8\1,09100**Білоцерківський національний аграрний університет., Біла Церква, Соборна 8\1,09100***Bogatko N. M / Богатко Н. М.***d.v. n/, д.в.н*

ORCID: 0000-0002-1566-1026

*Bila Tserkva National Agrarian, Bila Tserkva, Soborna 8\1,09100**Білоцерківський національний аграрний університет., Біла Церква, Соборна 8\1,09100***Lyasota V.P. \ Лясота В.П.***d.v. s., prof. / д.в.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-2442-2174

*Bila Tserkva National Agrarian, Bila Tserkva, Soborna 8\1,09100**Білоцерківський національний аграрний університет., Біла Церква, Соборна 8\1,09100*

Abstract. *When analyzing dangerous factors, the raw materials from which this product is made, ingredients, auxiliary materials that are part of this product, step-by-step production of the food chain, product storage, and transportation should also be considered. In order to ensure the effectiveness of the HACCP plan, it is necessary to carefully analyze the risk factors. Identification and analysis of dangerous factors in the technological process of pasteurized milk production were carried out at the milk processing enterprise. Careful monitoring at the stage of receiving dairy raw materials makes it possible to reduce the list of potential dangers at other stages of the food chain production. The second and third critical control points are established at the stages of primary and secondary pasteurization. The biological effect on milk after pasteurization is that there is an opportunity to destroy residual microflora depending on the coefficient of pasteurization level and primary bacterial contamination of milk raw materials.*

Key words: *dairy raw materials, pasteurization, identification, dangerous factors, technological process*

The purpose of the analysis of dangerous factors is to prepare a list of all dangers that, in the event of non-compliance with the requirements and poor quality control, can lead to serious consequences.

The analysis of dangerous factors is always specific for each technological process, even when producing similar products, it will differ [1].



When analyzing dangerous factors, the raw materials from which this product is made, ingredients, auxiliary materials that are part of this product, step-by-step production of the food chain, product storage, and transportation should also be considered. In order to ensure the effectiveness of the HACCP plan, it is necessary to carefully analyze the risk factors.

Analysis of all hazards that arise during production consists of two stages. The first step is to identify the dangerous factor at this stage of the food chain. At this stage, the HACCP working group conducts an analysis of incoming raw materials, as well as a list of ingredients and materials, technological processes and equipment used during production, the finished product and its storage and distribution, as well as its intended use. Based on research data, the working group defines a list of possible biological, chemical, or physical hazardous factors that may exceed acceptable standards and be controlled at each stage of the technological process [3].

The hazard analysis procedure begins with the analysis of the input materials, using the product description and the list of ingredients and materials of the product. Such a procedure as a product description, in accordance with the requirements of the Codex Alimentarius, should consist of the following information: name; storage; chemical/physical characteristics (pH); type of processing (heat treatment, freezing, salting, smoking); packing methods; methods of storage; implementation/sales method; intended for use by the consumer; method of consumption (ready to use, requires defrosting, requires heat treatment).

Next to each ingredient and packaging material in the list, it is recommended to put the corresponding letters that indicate the possibility of the existence of biological, chemical or physical dangerous factors (B, X, F). Each dangerous factor indicated in this list is fully described. After determining all dangerous factors, the second stage of analysis is carried out - the process of hazard assessment. At the second stage of the analysis of dangerous factors, the HACCP group decides which of the list of dangerous factors are important and should be taken into account in the HACCP plan. During this stage, each potential dangerous factor is evaluated based on the probability of occurrence and possible harm to the consumer.

When evaluating each potential hazardous factor, it is necessary to take into account the types of food products, methods of their preparation, transportation and storage, as well as potential consumers in order to determine the possibility of these factors influencing the probability of occurrence and severity of the hazardous factor. The emergence of dangerous factors that do not exceed permissible norms and their occurrence is unlikely, do not need to be considered further [4].

Identification and analysis of dangerous factors in the technological process of pasteurized milk production were carried out at the milk processing enterprise. To do this, they first compiled a description of pasteurized milk and a list of ingredients and materials [2].

Analyzing the block diagram of the technological process, identification of dangerous factors was carried out. After the list of potential dangerous factors was compiled, the second part of the analysis was carried out - the assessment of the probability of the occurrence of a dangerous factor. The probability of occurrence of a dangerous factor was assessed in points according to the criteria.



The probability of occurrence of a potential dangerous factor is assessed as high, medium, low and actually equal to zero. In terms of quality, the milk processing enterprises of our country have a system that includes various methods of quality management at all stages of production - from raw material research to consumer use - with the support of management and under the conditions of rational use of technical capabilities (Total Quality Management). The task of this system is the constant improvement of quality and safety through regular analysis of results and adjustment of enterprise activity [4].

Table 1 - Criteria for assessing the probability of implementation of dangerous factors

Probability of occurrence of a dangerous factor	Degree of probability	Rating scale
In case of occurrence or excess from 1 time per shift or more often	High	4 points
In case of occurrence or excess from several times a month to 1 time per shift	average	3 points
They occur several times a year to once a month	low	2 points
Low probability of the occurrence or increase of a dangerous factor (from 1 time per year or less often)	It is actually zero	1 point

For producers of dairy products, the determination of critical control points makes it possible to establish the reason for the deterioration of the quality of indicators as soon as possible and to take corrective actions in a timely manner.

A control point is considered critical if there is a high probability of a potential hazard occurring at a certain stage of the food chain production. It was established [5] that the stage of "Receiving dairy raw materials" is the first critical point for two types of hazards: chemical and biological. The chemical impact is that raw milk can be a natural source of toxic elements, radionuclides, pesticides, mycotoxins, heavy metal salts, antibiotics, hormonal drugs under conditions of milk harvesting in polluted regions, as well as under conditions of unauthorized use of inhibitory substances.

A biologically dangerous factor at this stage arises under the conditions of violation of sanitary and hygienic norms during milking and storage, lack of programs to prevent the ingress of foreign inclusions at primary production, violation of filtration regimes, untimely cleaning, washing and changing of filters, as well as transportation regimes. The development of microflora is possible due to non-compliance with the temperature of raw milk transportation. It is possible for microorganisms to enter from the contacting surfaces of the equipment in case of non-observance of sanitary treatment regimes, development of microorganisms in case of non-observance of temperature regimes of reservation. In case of non-compliance with the sanitary norms of keeping and treating animals. Because of this, raw milk can be a natural source of pathogenic microorganisms, including bacteria of the genus *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*.

Conclusions. Careful monitoring at the stage of receiving dairy raw materials makes it possible to reduce the list of potential dangers at other stages of the food chain production. The second and third critical control points are established at the



stages of primary and secondary pasteurization. The biological effect on milk after pasteurization is that there is an opportunity to destroy residual microflora depending on the coefficient of pasteurization level and primary bacterial contamination of milk raw materials.

References

1. Kasyanchuk V.V. Modern international requirements for food safety. Veterinary medicine of Ukraine. 3 5. 2000. P. 18–19. . Biochemical and microbiological quality control of food products. Tutorial. / T.M. Prilipko, TV Koval, N.V. Bukalova. - Kamyanets-Podilsky, 2020. - 653 p.
3. Nadia M. Bogatko, Natalia V. Bukalova, Vasil P. Lyasota, Lyudmyla P. Artemenko1, Leonid M. Bogatko, Tetiana . Bakhu,. Tatiana M. Prilipko, Inna V. Zabarna, Lubov B. Savchuk, Svetlana A. Tkachuk Some indices' determination of raw and pasteurized cow milk by ukrainian manufacturers using unique express methods Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences (JMBFS) August – September 2019, vol. 9, no. 1 MAIN WEB SITEISSUE
4. Tetiana Prylipko, Volodymyr Kostash, Viktor Fedoriv, Svitlana Lishchuk, Volodymyr Tkachuk. Control and Identification of Food Products Under EC Regulations and Standards. International Journal of Agricultural Extension.- Special Issue (02) 2021. p.83-91.
5. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety // Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects» (Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016).

***Анотація.** Аналізуючи небезпечні фактори слід розглядати також сировину, з якої виготовляється даний продукт, інгредієнти, допоміжні матеріали, які входять до складу цього продукту, покрокове виробництво харчового ланцюга, зберігання продукції, а також транспортування. Для того, щоб забезпечити ефективність плану НАССР, потрібно ретельно проводити аналізування небезпечних чинників. На молокопереробному підприємстві провели ідентифікацію та аналізування небезпечних чинників технологічного процесу виробництва пастеризованого молока. Ретельний моніторинг на етапі приймання молочної сировини дає можливість знизити перелік потенційних небезпек на інших етапах виробництва харчового ланцюга. Друга і третя критичні точки контролю встановлені на етапах первинної і вторинної пастеризації. Біологічний вплив на молоко після пастеризації полягає в тому, що є можливість знищити залишкову мікрофлору залежно від коефіцієнта рівня пастеризації та первинного бактеріального забруднення молочної сировини.*

***Ключові слова:** молочна сировина, пастеризація, ідентифікацію, небезпечні чинники, технологічний процес*



УДК: 636.54: 664.9.002.5

**IMPROVEMENT OF METHODS OF IDENTIFICATION OF MEAT TYPES
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВИДІВ М'ЯСА****Рыліпко Т.М. / Приліпко Т.М.,***d.a.s., prof. / д.с.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

Kostash V. B. / Косташ В.Б.

ORCID: 0000-0002-2182-7723

*s.a.s., / к.с.н.***Pidlisnyj V.V. / Підлісний В.В.,***Ph.D., Associate Professor. / к.т.н., доцент*

ORCID: 0000-0002-4718-7787

Publons: AFL-8080-2022

Semenov A. / Семенов О.М.,*Ph.D in Engineering, Asc. Prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-9990-2658

Publons: AHC-2602-2022

*Higher Educational Institution "Podillia State University",**Kamianets-Podilskyi, Shevchenko str., 12, 32316**Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"*

Abstract. It was established that it is practically impossible to control all indicators of meat quality, and it has no meaning from the point of view of the requirements of specific market segments, as well as from the point of view of ensuring the efficiency of business activities. Meat is identified by type, sex, age, fattening and heat treatment. Depending on the type of slaughtered herbivore, the following types of meat are distinguished: beef, pork, lamb, goat, horse and rabbit. Classical methods are physical and chemical research methods developed in the XVII-XX centuries. Modern measuring methods of food research are characterized by the use of improved measuring tools, often of high accuracy. This requires well-equipped research laboratories and highly qualified personnel. The most common modern measuring methods include chromatographic, spectral, photoelectrocolometric, potentiometric, refractometric, rheological and microscopic. Assortment falsification of meat is most often observed in markets and places of spontaneous trade, as well as when meat is subjected to further technological processing. Assortment falsification and sale of meat in small pieces, as well as chopped meat, when it is absolutely impossible to determine the biological and morphological belonging of the type of meat, helps. Unfortunately, the standard of Ukraine does not oblige to print the list of substances included in the composition of products. Prospective ways of developing methods of operational identification of meat can be considered those that use optical and electrical methods of measuring meat properties.

Key words: meat adulteration, control methods, identification, consumer, nutritional value.

In recent years, the range and sales volumes of meat products have grown significantly. The meat market, which enjoys a stable demand from the consumer, presents various types of meat, and it is sometimes difficult for the buyer to choose a quality product from this variety. Therefore, the development of methods for operational identification of meat types at the places of their sale is an extremely important need today [1, 2, 10,12].

When determining the quality of meat, it is necessary to highlight the most characteristic properties of meat for the consumer. It should be borne in mind that it is practically impossible to control all indicators of meat quality, and it has no



meaning from the point of view of the requirements of specific market segments, as well as from the point of view of ensuring the efficiency of business activities.

The problem of recognizing assortment falsification of meat is becoming more and more urgent every year, simple and reliable methods of detecting such falsification have not yet been developed. Meat is one of the most important food products, as a source of complete proteins, as well as fats, minerals, extractive substances and some vitamins[7].

The nutritional value of meat is determined by its chemical composition, energy value, taste properties and level of digestibility. According to modern scientific assessment, meat is a functional food product that provides "healthy nutrition" and people's ability to work [1,8]. Meat is a food product consisting of muscle tissue of warm-blooded herbivores and poultry, which has undergone certain technological processing and is ready for sale and use as food. Meat is identified by type, sex, age, fattening and heat treatment. Depending on the type of slaughtered herbivore, the following types of meat are distinguished: beef, pork, lamb, goat, horse and rabbit[9].

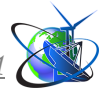
Classical methods are physical and chemical research methods developed in the XVII-XX centuries. They have not lost their importance even now. For the most part, classical methods are characterized by a long preparation of samples before examining them and obtaining results. They are characterized by relatively low sensitivity and low measurement accuracy. But, despite these flaws, a significant number of classical methods are used even now, because they have a high probability when determining many macro indicators. In addition, in the case of using classical methods, less scarce funds and sometimes less time are spent on research.

If it is necessary to obtain accurate results with a high degree of sensitivity, as well as to determine individual components that are included in a complex mixture of substances, modern measuring methods developed over the last thirty years are used. Modern measuring methods of food research are characterized by the use of improved measuring tools, often of high accuracy. This requires well-equipped research laboratories and highly qualified personnel.

The most common modern measuring methods include chromatographic, spectral, photoelectrocolorimetric, potentiometric, refractometric, rheological and microscopic.

The chromatographic method is a physicochemical method based on the separation of a complex mixture of substances into components using sorption principles under dynamic conditions. Using the chromatographic method, the content of free and bound amino acids, organic acids, carbohydrates, aromatic, coloring substances, fatty acid composition of lipids, pesticides, vitamins and many other substances is determined.

The spectral method is based on measuring the transmission or absorption of light of a certain wavelength by various substances. Emission and absorption spectroscopy are distinguished. For emission spectroscopy, the emissivity of a substance is used, and for absorption, its absorptivity. The spectral method is used to determine various organic substances, as well as mineral substances in a concentration of 10^{-2} - 10^{-6} mol. Complex devices - spectrophotometers - are used



during spectral methods of food research. With the help of absorption spectroscopy, the degree of oxidation of fats in various fat-containing products, the presence of pectin and coloring substances, phenolic compounds, caffeine and theobromine, myoglobin (in meat) and trace elements are determined.

The photoelectrocolorimetric method is based on the selective absorption of light by the investigated substances. It is widely used to determine the concentration of colored solutions. However, colorless solutions cannot be studied using this method, unlike the spectral method. Photoelectrocolorimeters are used to measure the investigated solutions by this method.

The potentiometric method is based on determining the potential between an electrode saturated with hydrogen and a liquid containing hydrogen ions. This method is used to measure pH during determination of active acidity. The refractometric method is based on measuring the refractive index of light during its passage through a liquid sample, which is applied to the lower prism of the refractometer. Used to determine the concentration of dry substances, sugars and fats in food products.

Rheological methods are based on measuring the deformation of various substances and materials. They are intended for determining the structural and mechanical properties of food products (viscosity, elasticity, elasticity and density), most of which characterize their consistency. Using rheological methods, the viscosity of minced meat and the consistency of margarine are determined. Viscometers of various brands, dynamometric scales, plastomers and other devices are used for measurement here [1, 2, 5].

The microscopy method is based on the use of a microscope as a measuring device. Conventional biological and electron microscopes are used. Microscopy is used to determine the structure of tissue, cells and their organelles, as well as the specific and quantitative composition of microorganisms.

Comparing the methods of assortment falsification and quality falsification, we see that some methods (dilution of products with water, introduction of cheaper components of raw materials at the expense of more expensive ones) cause both types of falsification at the same time. They were considered in assortment falsification. Assortment falsification of meat is most often observed in markets and places of spontaneous trade, as well as when meat is subjected to further technological processing. Assortment falsification and sale of meat in small pieces, as well as chopped meat, when it is absolutely impossible to determine the biological and morphological belonging of the type of meat, helps. Unfortunately, the standard of Ukraine does not oblige to print the list of substances included in the composition of products. Although, in accordance with the Law of Ukraine "On the Quality and Safety of Food Products and Food Raw Materials" it is specified that the labeling should contain "information about the composition of the food product, if it is made of several components, with a list of names used in the process of manufacturing other food products, food additives, dyes, other chemicals or compounds" [3, 9,11]

The consumer can only welcome those manufacturers who list all the substances included in the product. Organoleptic and measuring (physico-chemical) methods are most often used to determine the quality indicators of food products [4,8].



The organoleptic method is a method of determining the quality of products directly using human senses: (sight, hearing, touch, taste, smell). A significant advantage of this method is the speed of obtaining data, compared to the use of chemical analysis or analysis with the help of tools. A significant drawback of the method is weak verifiability and significant subjectivity. Physico-chemical methods of determining quality indicators are used in those cases when substances of chemical composition are determined with the help of physical devices [4; 5]. These include modern methods of electronic analysis, all types of chromatography. The classification of physico-chemical methods for determining quality indicators of meat products is given in table. 1.

Table 1 - Classification of physicochemical methods for determining quality indicators of meat products

Methods	Indicators to be determined	Advantages	Disadvantages
Spectral (spectroscopy, colorimetry, photocolometry, spectrophotometry)	elemental composition of ash residue, chemical composition, presence of impurities, traces and spoilage of products	high sensitivity, selectivity and speed of obtaining results	complexity, carried out in laboratory conditions
Electrochemical (electrogravimetry, potentiometry, polygraphy)	content of heavy metals, acidity, chemical composition, concentration	the freshness of the meat can be judged by the value of pH, and the quantitative content can be determined with great accuracy	long duration of definition, long duration of definition
Electrophoretic (frontal, electrophoresis, zonal electrophoresis)	chemical composition, presence of impurities, traces of decay, deterioration	makes it possible to quantify each component of the mixture	complexity, carried out in laboratory conditions
Luminescent (visual luminescence, fluorimetry, spectral luminescence analysis)	freshness of meat, chemical composition, presence of impurities, traces of decay and spoilage	high sensitivity	

These results are subject to joint processing, which could allow to reveal the artificial origin of substances and details of the technological processes of their processing; the difference between products and similar substances; determine the smallest amount of impurities.

During the examination, various methods of quality control of meat and meat products are used [6; 7, 13].



In order to increase the reliability of the identification of the quality of meat and meat products, it is necessary to improve the existing methods of controlling the characteristics of meat and create new methods. The task of organizing modern processes should be to have an operational impact on the process of manufacturing meat and meat products in order to minimize risks for consumers and the environment.

The existing methods have a number of disadvantages, including the selectivity of the action, expensive equipment, a long duration of determination, the need to use a large number of reagents, the need for qualified personnel and specialized laboratories.

Therefore, today one of the urgent tasks in the practice of consumer rights protection is the development of new and improvement of existing methods of quality control of products of animal origin.

Conclusions. Therefore, those that use optical and electrical methods of measuring meat properties can be considered promising ways of developing methods for operational identification of meat.

References

DSTU 8380:2015 Meat and meat products. The method of measuring the mass fraction of fat. Valid from 2017-07-01. Kind. officer Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2017. P. 26

2. DSTU ISO 936:2008 Meat and meat products. Method for determining the mass fraction of total ash (ISO 936:1998, IDT). Valid from 2008-01-01. Kind. officer Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2008. 30 p.

3. Bal-Prylypko L.V. Actual problems and characteristics of the state of the meat industry of Ukraine. Meat business. Kyiv: 2010. No. 9. P. 4-17.

4. Bal-Prylypko L.V. Innovative technologies of high-quality and safe meat products: monograph. Kyiv: Publishing Center of NUBiP of Ukraine, 2012. 207 p.

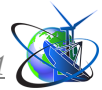
5. Bal'-Prilipko, L.V., Patyka, N.V., Leonova, B.I., Starkova, E.R., Brona, A.I. Trends, Achievements And Prospects Of Biotechnology In The Food Industry. Mikrobiolochichniy zhurnal. 2016. Vol. 78(3). p. 99-111.

6. Peresichnyi M.I. Technology of functional food products: monograph. Kyiv: KNTEU, 2008. 718 p.

7. Bogatko N.M., Sakhniuk N.I., Bogatko D.L. Application of microbiological criteria in Ukraine for establishing the safety of food products. Collection of sciences. Proceedings of the Kharkiv State Veterinary Academy. Problems of animal engineering and veterinary medicine. Veterinary sciences. Kharkiv. Vol. 26. Part 2. 2013. P. 254–259.

8. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. (2016) Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. Proceedings of the International Academic Congress "European Research Area: Status, Problems and Prospects. Latvian Republic, Rīga, September 01–02, 2016. S.85-89.

9. Cherednichenko O.O. To the issue of production and preservation of the quality of meat and meat products. Science release National agrarian university 2007.



No. 110 (part 2). P. 163-165.

10. Havrylenko O.C, Khomitska O., Zagorulko O. Microbiological control of meat and meat-vegetable preserves. Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy. No. 4. 2017. pp. 81–84.

11. Yefimova O. M, Kasyanchuk V. V. Microbiological safety analysis of national products of animal origin intended for export. Veterinary medicine of Ukraine. No. 1. 2014. P. 30–34.

12. Kotsyumbas G.I., Urbanovych P.P., Mysiv O.V. Microstructural characteristics of dumplings minced meat in the aspect of food quality control. Scientific Bulletin of S.Z. LNAVU. Gzytsky T. 6 (№1), Part 2. 2004. P. 37-43.

13. Lozhkina O.V., Mezhenska N.A., Kalinovska I.G., Marchuk O.T., Teplikh N.I., Andrienko O.V. Methodical instructions for determining the components of all types of meat raw materials, semi-finished products and finished products from meat raw materials. Kyiv, DNDILDVSE. 2010. 28 p.

Анотація. Встановлено, що контролювати всі показники якості м'яса практично неможливо, та й не має змісту з погляду вимог конкретних сегментів ринку, а також з погляду забезпечення ефективності підприємницької діяльності. Ідентифікують м'ясо за видом, статтю, віком, вгодованістю та термічною обробкою. Залежно від виду забійної тваринної розрізняють такі види м'яса: яловичину, свинину, баранину, козлятину, конину та кролятину. Класичні методи – це фізичні та хімічні методи дослідження, розроблені у XVII-XX ст. Для сучасних вимірювальних методів дослідження харчових продуктів характерне використання удосконалених засобів вимірювання, часто високої точності. Для цього потрібні добре обладнані дослідні лабораторії й висококваліфікований персонал. До найпоширеніших сучасних вимірювальних методів відносять хроматографічний, спектральний, фотоелектроколометричний, потенціометричний, рефрактометричний, реологічний та мікроскопічний. Найчастіше асортиментна фальсифікація м'яса спостерігається на ринках та місцях стихійної торгівлі, а також, коли м'ясо піддається подальшій технологічній переробці. Сприяє асортиментна фальсифікація і реалізація м'яса дрібними шматками, а також подрібнене, коли зовсім неможливо визначити біологічну та морфологічну належність виду м'яса. На жаль, стандарт України не зобов'язує друкувати перелік речовин, які входять до складу продуктів. Перспективними шляхами розвитку методів оперативної ідентифікації м'яса можна вважати ті, які використовують оптичні та електричні методи вимірювання властивостей м'яса.

Ключові слова: фальсифікація м'яса, методи контролю, ідентифікація, споживач, харчова цінність.



УДК 614.9:579. 62:613

METHOD OF OPERATIONAL QUALITY CONTROL OF MEAT RAW MATERIALS AND MEAT PRODUCTS**МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ І М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ****Рыліпко Т.М. / Приліпко Т.М.,***d.a.s., prof. / д.с.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

Koval T.V., / Коваль Т.В.*s.a.s., as.prof. / к.с.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-7132-5887

*Higher Educational Institution "Podillia State University",**Kamianets-Podilskyi, Shevchenko str., 12, 32316**Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"*

Abstract. Taking into account the prevalence of methods and means of measuring electrical quantities in metrological practice, it is advisable to carry out their analysis regarding the possibility of application for operational identification of types of meat. The advantage of organoleptic methods is their availability and simplicity, and the disadvantage is their lack of reliability. Therefore, they cannot be the only criteria for identification, and to increase the reliability of control, as a rule, physicochemical methods are used. Physico-chemical indicators characterize the physical and chemical properties of goods and are determined by laboratory methods. Therefore, the use of physico-chemical methods for the identification of meat types is difficult due to their complexity and the duration of measurements. For operational control of meat quality, it is necessary to identify the most characteristic features of a specific type of meat for the consumer and classify them, for example, using pattern recognition theory and modern software tools. Pattern recognition has wide application and is used in the creation of all computer systems that rely on intelligent functions, that is, functions related to decision-making instead of a person: medical diagnostics, forensic examination, information retrieval and intelligent data analysis, etc. Therefore, the application of pattern recognition theory to assess the quality of meat products is a reasonable and promising way to ensure quality.

Key words: physical and chemical methods, control, quality, meat, taste, aroma, colorimetric method of analysis

Today, only organoleptic and physico-chemical indicators, which characterize the actual consumer properties of the product itself, are suitable for the purposes of operational identification of meat [8].

Microbiological indicators belong to food safety indicators that depend on the influence of external factors and therefore are not used for operational identification.

Organoleptic indicators are the main indicators that characterize the consumer properties of goods to the greatest extent and are determined with the help of human senses. General organoleptic indicators include: appearance, taste and smell (bouquet, aroma), consistency. In addition to general organoleptic indicators, some products are characterized by specific characteristics: internal structure and transparency (vodka, wine, beer), the ratio of solid and liquid fractions (compotes, preserves).

The advantage of organoleptic methods is their availability and simplicity, and the disadvantage is their lack of reliability. Therefore, they cannot be the only criteria for identification, and to increase the reliability of control, as a rule, physicochemical



methods are used.

Physico-chemical indicators characterize the physical and chemical properties of goods and are determined by laboratory methods [8; 9]. Therefore, the use of physico-chemical methods for the identification of meat types is difficult due to their complexity and the duration of measurements.

Based on the above analysis of traditional methods of measuring meat quality indicators, it can be argued that they, as a rule, do not meet the requirement for their widespread use by ordinary consumers.

Therefore, those that use optical and electrical methods of measuring meat properties can be considered promising ways of developing methods for operational identification of meat.

Optical methods of analysis are based on the interaction of the investigated substance with electromagnetic radiation of the optical range. Depending on the nature of such interaction, optical methods can be distinguished, listed in the table. 1.

Table 1 - Optical methods of analysis

Methods of analysis		Characteristic
The absorption method of analysis is based on the ability of substances to absorb electromagnetic radiation	colorimetric method of analysis	is based on a visual comparison of the color or color intensity of the standard and test solution
	photoelectrocolorimetric method of analysis	is based on the measurement of light absorption in the visible part of the spectrum by substances (ions) using devices (photoelectrocolorimeters) with a simplified method of monochromatization
	spectrophotometric method of analysis	is based on measuring the absorption of monochromatic light by substances (ions) in the ultraviolet (UV), visible or infrared (IR) parts of the spectrum
	atomic absorption method of analysis	is based on measuring the absorption of monochromatic light by atoms of substances in a gaseous state
Nephelometric method of analysis		is based on the measurement of the intensity of scattered light (measurement of the reflected light flux); is used for heterogeneous systems
Turbidimetric method of analysis		is based on the measurement of the turbidity of the system, which is caused by the scattering of light by suspended substances (measurement in the passing light stream); used for analysis of suspensions, emulsions, cloudy solutions
Refractometric method of analysis		is based on the measurement of the index of refraction of light by the solution
Luminescent method of analysis		is based on the measurement of radiation that appears as a result of the release of excess energy by excited atoms of the analyzed substance
Emission spectral method of analysis		is based on the study of light emitted by gaseous atoms of matter

Optical methods of analysis require the use of modern technical devices of various complexity, which gives a number of advantages in comparison with classical



chemical methods: efficiency, inviolability of samples, simplicity of the methodology, use of a small amount of substance for analysis, the ability to analyze compounds of any nature, carrying out express analysis of multicomponent mixtures. In addition, they simplify the possibilities of increasing the sensitivity, accuracy and reproducibility of the results of measurements of quantitative values.

Taking into account the prevalence of methods and means of measuring electrical quantities in metrological practice, it is advisable to carry out their analysis regarding the possibility of application for operational identification of types of meat.

Due to the heterogeneity of measuring objects of control, the methods of measuring electrical quantities are divided into conductometric, impedance, dielectric, frequency-dispersive, shown in table. 2.

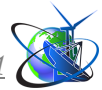
Table 2 - Electrical methods of analysis

Methods of analysis	Characteristic
Conductometric method	is based on measuring the electrical conductivity of control objects. Used to control single indicators of the quality of substances in the liquid state or gaseous medium
Impedance method	involves presenting the object as a complete resistance, the components of which contain information about certain physical and chemical properties. As an informative parameter, the impedance component is used, the value of which varies widely, which creates measurement problems, especially if the humidity values are low (high-impedance measurements)
Dielcometric method	the object of research is a capacitor, the capacity of which is determined by the dielectric permeability of its inter-electrode space or a change in geometric dimensions
Frequency dispersion method	is rapidly developing in both theoretical and practical implementations, recently it is based on the analysis of the amplitude-frequency or phase-frequency characteristics obtained as a result of the measurement of the research object placed in an alternating current circuit

These methods are based on one common feature of a substance, material or product, which is the internal structure through which an electric current can pass at certain levels of the applied test signal [9]. So, the generalized parameter of electrically conductive research objects can be considered complex resistance (impedance) or complex conductivity (admittance), i.e. immittance.

The methods listed above for measuring single quality indicators are partial variants of the implementation of the traditional method of measuring complex passive values (immittance) [10].

Today, many different technical means are offered for identification of food products or assessment of their quality level. These are both stationary and expensive devices designed for laboratory use, as well as portable and cheap devices aimed at the mass consumer in various conditions of use. Since such tools are mainly intended for the control of objects of an electrical nature, their main difference, in the case of use for the control of non-electric quantities, is the processing of an electrical informative parameter containing information about their physico-chemical and other properties. The result of the measurements is mainly the detection of the quantitative content of this or that component in the product for the purpose of comparison with



the maximum permissible norms of such a product or standardized values for this or that level of its quality [7].

For operational control of meat quality, it is necessary to identify the most characteristic features of a specific type of meat for the consumer and classify them, for example, using pattern recognition theory and modern software tools.

Pattern recognition is a branch of the theory of artificial intelligence that studies methods of classifying objects. By tradition, the object subject to classification is called an image [3]. An image can be a digital photograph (image recognition), a letter or number (symbol recognition), a speech recording (speech recognition), etc. [5]. The use of pattern recognition methods in the proposed optical methods of quality control of meat products will increase the reliability and efficiency of control, which will contribute to the spread of these methods in the practice of individual quality assessment.

Within the framework of the theory of artificial intelligence, pattern recognition is included in a broader scientific discipline - the theory of machine learning, the purpose of which is the development of methods for building algorithms capable of learning.

There are two approaches to learning: inductive and deductive. Inductive learning, or learning by precedents, is based on identifying general properties of objects based on incomplete information obtained empirically [4, 8]. Deductive learning involves the formalization of experts' knowledge in the form of knowledge bases (expert systems, etc.).

It should be noted that, like every mathematical discipline, pattern recognition has its own mathematical apparatus, which includes mathematical statistics, optimization methods, discrete mathematics, algebra and geometry.

Image recognition is widely used and is used in the creation of all computer systems that rely on intelligent functions, that is, functions related to decision-making instead of a person: medical diagnostics, forensic examination, information search and intelligent data analysis, etc. [2, 5]. Therefore, the application of pattern recognition theory to assess the quality of meat products is a reasonable and promising way to ensure quality.

An image is a classification grouping in the classification system that unites (selects) a certain group of objects by some feature. Images have a characteristic property, which is manifested in the fact that familiarization with a finite number of phenomena from the same set makes it possible to learn any large number of its representatives. Images have characteristic objective properties in the sense that different people, trained on different observational material, mostly classify the same objects in the same way and independently of each other. In the classical formulation of the recognition task, the universal set is divided into parts-images. Each reflection of an object on the perceptive organs of the recognizing system, regardless of its position in relation to these organs, is usually called an image of the object, and many such images, united by some common properties, are images [6].

When applying optical methods of assessing the quality of meat products, images can be individual structural elements of a given type of meat product, which are characteristic only of this type of meat product. Also, images can be color gamuts



of a specific type of meat products, which will allow the wide use of modern information and communication devices (smartphones), which have become widespread among the population, to identify meat.

It is obvious that recognition of individual product elements must be carried out according to a standardized method. This method of assigning an element to some image is called a decisive rule. Another important concept is the metric, a method of determining the distance between the elements of a universal set. The metric will characterize the probability of an error in recognizing the elements of the evaluated type of product. The smaller this distance, the more similar the objects (symbols, sounds, etc.) are that we recognize. Usually, the elements are given as a set of numbers, and the metric is given as a function. The effectiveness of the program depends on the choice of representation of images and the implementation of metrics, one recognition algorithm with different metrics will be wrong with different frequency.

References

1. Ambrosov V.Ya. Organizational strategy of agricultural enterprises: monograph. National of science center "Institute of Agrarian Economics" of the Ukrainian Academy of Sciences, Kharkiv KhNTUSG named after Peter Vasylenko. Kharkiv. 2009. 316 p.
2. Arkhipchuk V.V., Honcharuk V.V. Biotesting as a method of assessing the quality of drinking water. Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine. No. 10. 2006. P. 54–57.
3. Bal-Prylypko L.V. Monitoring of the Ukrainian sausage market and product safety. Food industry of agriculture. No. 3. 2011. P. 4–7.
4. Bal-Prylypko, L. V. Technology of meat storage, canning and processing [text]: textbook. Kyiv. 2010. 469 p.
5. Biochemical and microbiological quality control of food products. Tutorial. / T.M. Prylipko, T.V. Koval, N.V. Bukalova. - Kamianets-Podilskyi, 2020. – 653 p.
6. Bergilevich O.M., Kasyanchuk V.V. Theoretical and experimental substantiation of microbiological risk assessment Cronobacterspp. (Enterobactersakazakii): monograph. Sumy: Sumy State University. 2018. 308 p.
7. Berezivskiy P. S. Organization, forecasting and planning of the agricultural industry: training. manual. L.: Magnolia Plus, Publisher SPD FO V.M. Stove 2006. 443 p.
8. Berezin O. V. Problems of forming the food market of Ukraine. K.: Higher school. 2002. 212 p.
9. Bogatko N.M., Sakhnyuk N.I., Bogatko D.L. Application of microbiological criteria in Ukraine for establishing the safety of food products. Collection of sciences. Proceedings of the Kharkiv State Veterinary Academy. Problems of animal engineering and veterinary medicine. Veterinary sciences. Kharkiv. Vol. 26. Part 2. 2013. P. 254–259.
10. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. (2016) Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. Proceedings of the International Academic Congress "European Research



Area: Status, Problems and Prospects. Latvian Republic, Rīga, September 01–02, 2016. S.85-89.

Анотація. Враховуючи поширеність методів та засобів вимірювань електричних величин в метрологічній практиці, доцільно здійснити їх аналіз стосовно можливості застосування для оперативної ідентифікації видів м'яса. Перевагою органолептичних методів є їх доступність, простота, а недоліком їх недостатня достовірність. Тому вони не можуть бути єдиними критеріями ідентифікації і для підвищення достовірності контролю, як правило, використовують фізико-хімічні методи. Фізико-хімічні показники характеризують фізичні і хімічні властивості товарів і визначаються лабораторними методами. Тому застосування фізико-хімічних методів для ідентифікації видів м'яса є затруднене внаслідок їх складності та тривалості проведення вимірювань. Для оперативного контролю якості м'яса, потрібно виділити найбільш характерні ознаки конкретного виду м'яса для споживача та класифікувати їх, наприклад, із використанням теорії розпізнавання образів та сучасних програмних засобів. Розпізнавання образів має широке застосування і використовується при створенні усіх комп'ютерних систем, на які покладаються інтелектуальні функції, тобто функції, пов'язані із прийняттям рішень замість людини: медична діагностика, криміналістична експертиза, пошук інформації та інтелектуальний аналіз даних тощо. Тому застосування теорії розпізнавання образів для оцінювання якості м'ясної продукції є обґрунтованим та перспективним шляхом забезпечення якості.

Ключові слова: фізико-хімічні методи, контроль, якість, м'ясо, смак, аромат, колориметричний метод аналізу



УДК 685.34

**PRODUCTION TECHNOLOGY, QUALITY ASSESSMENT AND
EXPERTISE OF FOOTWEAR****ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА, ОЦІНКА ЯКОСТІ ТА ЕКСПЕРТИЗА ВЗУТТЯ****Kobyakov S.M. / Коб'яков С.М.***s.a.s., as.prof. / к.с.-г.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-2811-7572

*Kherson national technical university, Kherson, Beryslavske Shosse, 24, 73008**Херсонський національний технічний університет, Херсон, Бериславське шосе, 24, 73008*

Анотація. В роботі розглядається процес проведення експертизи якості взуття органолептичним і вимірвальним методом та аналіз нормативної документації, що регламентує якість взуття. На підставі характеристик споживчих властивостей взуття проведені дослідження з визначення його якісних показників з наступним аналізом отриманих результатів. Використовуючи результати аналізу даних експертизи якості шкіряної жіночого взуття проведено організаційно-технічні заходи, які дозволять поліпшити якість продукції, що випускається і виключити виробництво взуття, що не відповідає вимогам стандартів чинним в Україні. Встановлено, що одночасно з максимальною гнучкістю конструкції шкіряне взуття повинне мати жорсткі задники та пружні підноси. М'які задники для взуття недопустимі, оскільки вони осідають і зношуються. Без жорстких задників виготовляють окремі види спортивного взуття та дорожні туфлі. Представлені в порівнянні результати оцінки якості взуття від різних виробників та виявлено його дефекти.

Ключові слова: взуття, органолептичний і вимірваний метод, експертиза взуття, дефект.

Вступ.

Людство і цивілізація ніколи не стоять на місці. Люди постійно винаходять різного роду пристосування для поліпшення якості і кількості свого життя. І сьогодні людина у взутті ні у кого не викликає подиву (а скоріше навпаки). Але ж колись поява взуття було справжнім відкриттям. Детальніше про те, як і коли з'явилося взуття можна дізнатися в окремій статті. Але мало хто з сучасних людей замислювався над тим, як виробляють сучасне взуття, з яких етапів складається виробництво взуття і яке місце в цьому довгому технологічному процесі займає сама людини, а яке - машини та механізми.

Стандартне виробництво взуття здійснюється в кілька етапів, серед яких основними можна виділити наступні:

1. **Дизайн.** Перед тим, як фабрика або завод з виробництва взуття почне свою роботу, дизайнер або команда дизайнерів компанії розробляють майбутню модель, створюючи ескіз на папері або комп'ютері. На цьому етапі обговорюються і «конспектуються» всі деталі майбутньої пари - матеріал верху і тип підошви, вид і матеріал устілки, колір всього виробу в цілому і його окремих елементів зокрема та ін. Далі створюється зразок - лекало для безпосереднього виробництва взуття.

2. **Розкроювання.** На фабриках і заводах, які випускають партії різного сучасного взуття, є розкрійний цех, в якому за спеціальними шаблонами (трафаретами) готуються частини кожної пари. Дану роботу виконують



спеціальні преси, яких зазвичай два - окремо для верхніх і для нижніх елементів взуттєвої пари.

3. *Розмітка.* На даному етапі промальовуються лінії швів, після чого заготовки взуття відправляються на випалювання, щоб зробити края матеріалу придатними для подальшого використання.

4. *Виготовлення устілки.* У цьому процесі беруть участь кілька машин, які формують, шліфують і намазують устілку клеєм.

5. *Пошиття.* Процес зшивання різних частин взуття в закінчений зразок відбувається в окремому цеху на кожному заводі. Далі, в отриманий виріб вклеюються термопластичні вставки, після чого майбутня пара відправляється на підготовку до приклеювання підошви. Самі підошви виготовляють в спеціальних печах, а після приєднання до верхньої частини взуття, все зайве обрізається.

6. *Полірування.* На останньому етапі виробництва взуття, черевики поліруються, зашнуровуються і відправляються по коробках. Найчастіше, коробки для взуття виготовляються на окремих заводах на замовлення, з нанесенням зазначеної торгової марки.

У сучасних умовах ринок наповнюється широким асортиментом взуття, особливо шкіряного. Для чоловічого і жіночого модельного взуття та особливо модного найвагомішими стають естетичні властивості. Взуття цих двох груп повинне відрізнятися від повсякденного новизною й оригінальністю фасону та моделі, високоякісними матеріалами, високим рівнем виконання технологічних операцій у процесі виготовлення, модного фурнітурою тощо.

Процес оцінювання конкретних показників споживчих властивостей виробів має проводитися з урахуванням специфічних вимог до них, що визначаються умовами реальної експлуатації того чи іншого виду взуття. Експертиза якості взуття неможлива без вивчення його властивостей та проведення необхідних досліджень.

До споживчих властивостей взуття належать естетичні, ергономічні властивості та надійність.

Естетичні властивості взуття визначаються такими чинниками:

- а) фасоном, тобто формою носково-пучковою частини та каблука, відповідністю цих показників сучасному стилю;
- б) моделлю, тобто характером крою заготовки, наявністю різноманітних декоративних елементів, їх видами, оригінальністю, новизною;
- в) видом матеріалів, що використовуються на зовнішні і внутрішні деталі заготовки, характером обробки лицьової поверхні. Колір матеріалу верху взуття повинен бути сучасним і відповідати естетичним смакам;
- г) видом і кольором матеріалу підошви, який повинен гармоніювати зі всією конструкцією заготовки;
- д) виразністю, яскравістю й охайністю нанесення маркування.

Для визначення надійності і довговічності окремих елементів взуття розроблено систему показників.

Споживні властивості взуття формуються в процесі розробки конструкції і моделі, залежать від точності виконання технологічних операцій, ретельності



обробки взуття, у тому числі й маркування. Проте зручність і довговічність взуття залежить насамперед від тих матеріалів, з яких вони виготовлені. Саме вони визначають і зовнішній вигляд взуття. Таким чином, експертизу якості шкіряного взуття проводять за комплексом одиничних показників.

Основний текст.

Експертиза якості взуття органолептичним методом проводилася відповідно до ГОСТ 9289 «Взуття. Правила приймання», ГОСТ 28371 «Взуття. Визначення сортності» і ГОСТ 7296 «Взуття. Упаковка. Маркування. Транспортування і зберігання».

Відповідно до ГОСТ 9289 «Взуття. Правила приймання», приймання взуття проводиться партіями. За партію приймають кількість пар взуття одного артикулу, виготовленої за певний період часу, оформленої документом, який засвідчує якість продукції.

На підставі характеристик споживчих властивостей взуття провели дослідження з визначення її якісних показників з наступним аналізом отриманих результатів. Використовуючи результати аналізу даних експертизи якості шкіряної жіночого взуття провести організаційно-технічні заходи, які дозволять поліпшити якість продукції, що випускається і виключити виробництво взуття, що не відповідає вимогам стандартів чинним в Україні.

Об'єктом дослідження були споживні властивості жіночого взуття виробленого на підприємствах України.

При експертизі якості жіночого шкіряного взуття застосовувався органолептичний та вимірюваний метод.

Контроль якості включає два етапи: 1. перевірка якості взуття за зовнішнім виглядом; 2. перевірка фізико-механічних показників якості взуття.

На першому етапі перевіряють відповідність партії взуття зразку-еталону, сорт взуття, правильність його маркування та пакування. Вибірку від партії відбирають методом випадкового відбору: першу пару відбирають довільно, а всі наступні - через однакову кількість пар. Якщо, в результаті перевірки першої вибірки, кількість пар, переведених в брак, менша або дорівнює приймальному числу для першої вибірки, то партію взуття вважають прийнятною. Якщо кількість бракованих пар більше або дорівнює бракованої кількості для першої вибірки, то всю партію бракують. Якщо кількість забракованих пар більше приймального, але менше бракувального числа, то відбирають другу вибірку.

Взуття оцінюють попарно. Взуття в парі повинне бути однаковим за розміром і повнотою, кольором, мереєю і фактурою поверхні матеріалів. Сортність пари взуття встановлюється за найгіршою з півпар.

На другому етапі проводять перевірку взуття за фізико-механічними показниками якості: масою, гнучкістю, деформацією підношення і задника, міцністю взуттєвих кріплень, лінійними розмірами і товщиною деталей. Вибірку здійснюють методом випадкового відбору від загальної кількості пар взуття в партії, які пройшли перевірку за зовнішнім виглядом. Пари, забраковані на першому етапі контролю якості, у другому не беруть участь.



По якості взуття перевіряють наступним чином: беруть пару взуття носками від себе, а підощвами вниз і з'єднують півпари внутрішніми сторонами. Натискають великим пальцем на носки, перевіряють їх пружність, щільність шкіри, правильність і симетричність розташування деталей. Нахиляють півпари носком вниз і оглядають висоту задників, правильність положення задніх швів, щільність прилягання каблуків до підшви і відповідність кольору каблука кольору заготовки. Розвертають півпари, з'єднавши їх задниками, перевіряють парність взуття за висотою берців і задників а також за висотою каблука. Оглядають бокову, зовнішню поверхню взуття, звернувши увагу на якість швів, щільність прилягання підшви до верху взуття. Повертають півпари вниз задниками, підощвою догори і перевіряють правильність кріплення підшви, насадки каблука, маркування розміру на підшві. Повертають півпару підощвами одну до одної в вертикальному положенні носками догори і перевіряють парність підощв за довжиною, товщиною і шириною. Тоді оглядають зовнішню бокову поверхню, якість строчки, перевіряють пружність взуття в геленочній частині, для чого беруть вправу руку задню частину півпари, а в ліву передню, і згинають підощву, перевіряючи її гнучкість і міцність кріплення з деталями верху. Потім перевіряють правильність і чіткість маркування на внутрішніх деталях взуття (артикул, розмір, номер стандарту, сорт). Після цього опускають праву руку всередину півпари і перевіряють внутрішню поверхню взуття, з'ясовують відсутність бугрів, цвяхів, зморщок. Наприкінці роблять загальні висновки стосовно якості перевіреного взуття.

За результатами експертизи десяти пар взуття, кількість дефектних одиниць склала три пари (6,9%). Слід зазначити, що в трьох парах (6,9%) взуття були виявлені дефекти, які, згідно з ГОСТ 28371, є допустимими, а в трьох парах (6,9%) взуття виявлені дефекти, які, згідно з ГОСТ 28371, не допускаються і підлягають поверненню підприємству-виробнику.

Даний порок, згідно з ГОСТ 28371, є допустимим. Також було виявлено забруднення підкладки, що є недопустимим дефектом, виявлені порізи на зовнішній стороні, які виникли в результаті механічного пошкодження при обробці, що не допускаються.

Оцінка напівчеревик модельних весняно-осінніх вироблених фірмою ТОВ «BRONI» м. Харків, показала, що дефекти у парі відсутні. У результаті перевірки пари напівчеревик весняно-осінні виробника «Ніка» м. Ужгород дефекти відсутні.

За результатами експертизи якості органолептичним методом, найбільш якісними виявилася пари взуття, вироблених фірмами: ТОВ «ЛеоМода» м. Львів, ТК «Укрвзут» м. Львів, ТК «Вікторіо-Руссо» м. Харків, ТОВ «BRONI» м. Харків, ТК «Ніка» м. Ужгород.

Визначення висоти жіночого шкіряного взуття проводилося згідно ГОСТ 26167: 2009 «Обувь повседневная. Общие технические условия» та ГОСТ 19116: 2007 «Обувь модельная. Общие технические условия». Результати експертизи наведені у табл. 1 [4].



Таблиця 1 - Результати експертизи по визначенню висоти взуття

Вид взуття і постачальник-виробник	Висота виробу за ГОСТ, не менше, мм	Виміряна висота виробу під час експерименту, мм	Відхилення від норми, мм
Туфлі повсякденні ТОВ «Агропакет» м.Дніпропетровськ	61	61	-
Туфлі повсякденні ТОВ «ЛеоМода» м. Львів	61	61	-
Туфлі-човники модельні виробництво ТМ «KASANDRA» м. Львів	61	60	1
Туфлі модельні ООО НПФ «МІДА» м. Запоріжжя	61	61	-
Черевики повсякденні зимові ТК «Укрвзут» м. Львів	156	154	2
Напівчоботи модельні зимові «Тетра» м. Дніпропетровськ	180	179	1
Напівчеревики модельні весняно-осінні ТМ «BISTFOR» м. Бровари	61	61	-
Чоботи повсякденні зимові ТК «Вікторіо-Руссо» м. Харків	210	210	-
Напівчеревики модельні весняно-осінні ТОВ «BRONI» м.Харків	61	61	-
Напівчеревики весняно-осінні ТК «Ніка» м. Ужгород	61	59	2

Висновки.

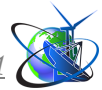
У результаті експертизи якості органолептичним методом встановлено, що туфлі повсякденні ТОВ «ЛеоМода» м. Львів дефектів не мають, туфлі-човники модельні виробництво ТМ «KASANDRA» м. Львів були виявлені слабо виражені віддушистості на заднику.

Органолептична експертиза модельних туфель фірми ООО НПФ «МІДА» м. Запоріжжя показала, що у парі, є дефект (відхилення від осі симетрії на 4 мм) є неприпустимим.

Черевики повсякденні зимові ТК «Укрвзут» м. Львів за результатами експертизи дефектів не виявлено.

Напівчоботи модельні зимові виробника «Тетра» м. Дніпропетровськ, аналіз показав: слабо виражена стяжка на заднику – дефект недопустимий.

Експертна оцінка напівчеревиків модельних весняно-осінніх ТМ «BISTFOR» м. Бровари виявила дефекти (раковини на поверхні підошви площею 2 см²; співпадіння двох суміжних строчок довжиною 3мм).



Органолептична оцінка однієї пари чобіт повсякденних зимових «Вікторіо-Руссо» м. Харків дефектів не виявлено.

При проведенні експертизи взуття вимірювальним методом, а саме визначення висоти взуттєвого виробу, було виявлено, що з десяти виробників даного товару дотримуються вимог ГОСТ 26167-2005 та ГОСТ 19116-2005 шість підприємств: туфлі повсякденні ТОВ «Агропакет» м. Дніпропетровськ, туфлі повсякденні ТОВ «ЛеоМода» м. Львів, туфлі модельні ООО НПФ «МІДА» м. Запоріжжя, напівчеревики модельні весняно-осінні ТМ «BISTFOR» м. Бровари, чоботи повсякденні зимові ТК «Вікторіо-Руссо» м. Харків, напівчеревики модельні весняно-осінні ТОВ «BRONI» м. Харків [4].

Література:

1. Байдакова Л.І. Товарознавство. Непродовольчі товари: взуттєві і хутряні вироби: Підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 183 с.
2. Шепелев А.Ф., Товароведение и экспертиза непродовольственных товаров. / А.Ф. Шепелев, И.А. Печенежская, Т.Е. Ивахненко. – Ростов-на-Дону: Фенікс. – 2006. – 224 с.
3. Власова А.В. Основи товарознавства непродовольчих товарів. Навчальний посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 208 с.
4. [Електронний ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/5424245/page:8/>.

Abstract.

Purpose. *On the basis of the characteristics of consumer properties of shoes it's need to conduct research to determine its quality indicators with the subsequent analysis of the results. On the basis of the obtained results to offer organizational and technical measures to improve the quality of products and exclude the production of shoes that do not meet the requirements of the standards of Ukraine.*

Methodology. *In the studies, the methods used by the current state standards were used, which allow us to provide a commodity analysis of consumer properties of shoes. An examination of the quality of shoes was carried out using an organoleptic and measuring method, as well as an analysis of regulatory documents regulating the quality of shoes.*

Findings. *It was established that at the same time with the maximum flexibility of the design, leather shoes should have rigid backs and elastic toe caps. Soft backs for shoes are unacceptable as they sag and wear. Without rigid backs, make certain types of sports shoes and travel shoes. The convenience of the shoe is influenced by the design of the clasp, as well as the frictional properties of its bottom. Shoes should not slip. The slip is observed in shoes with soles of polymeric materials of non-porous structure with a smooth, grooved surface. Among the complex of hygienic properties that determine the temperature and humidity of the inner shoe space, moisture exchange should be noted. Shoes, on the one hand, should support removing of sweat, and on the other - to have moisture-proof properties. The results of shoes quality assessment from various manufacturers are compared and its defects are revealed.*

Originality. *The quality assessment of shoes used the relevant existing standards. An expert assessment of the merchandising characteristics of consumer properties and the quality of women's shoes from different manufacturers of Ukraine was conducted.*

The practical value. *An organoleptic and measuring method has been used to examine the quality of women's leather shoes, as a result of which, according to GOST 2158, defects in shoes have been found. According to the results of the examination by the organoleptic method of ten pairs of shoes, the number of defective units is three pairs (6.9%). It should be noted that in three*



pairs (6.9%) of shoes were found defects that, according to GOST 28371, are permissible, and in three pairs (6.9%) of shoes, defects were found that, according to GOST 28371, are not permissible and subject to return to the manufacturer. As a result of the expertise of shoes using a measuring method, namely, determining the height of a shoe, it was found that out of ten manufacturers of this product six companies comply with the requirements.

Key words: *shoes, organoleptic and measuring method, footwear expertise, defect.*

Стаття відправлена: 17.04.2023 р.

© Коб'яков С.М.



UDC 004.21

PROTECTION OF SOFTWARE SYSTEMS FROM VIOLATION OF PROGRAM CODE INTEGRITY

Krykunov D.

Ph. D., student

ORCID: 0000-0003-0475-8081

Cherkasy State Technological University,

460 Shevchenko Blvd., Cherkasy, 18006, Ukraine

Abstract. Protection of program code from software modification is currently a very relevant area of science, since after the imposition of sanctions on the aggressor countries, the purchase and use of licensed software has decreased and the use of unlicensed software has increased. Despite the large number of methods for protecting software against code modification, they are ineffective, namely, the large number of methods for partially or completely disabling this protection. Due to sanctions or other factors, a person who does not have a current software license should not be able to use or edit the program code in order to provide access to use the software.

The purpose of this article is to collect and analyze the available information in the field of program code protection against modification in order to show the level of research of the scientific problem, to give a critical assessment and conclusions based on published works and to formulate the purpose of further development.

Key words: software protection, program code modification, encryption, steganography, hashing, obfuscation.

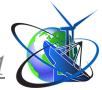
Introduction

Software protection is a set of measures aimed at protecting software from unauthorized acquisition and use, modification and study of program code and reproduction of analogues.

The development and support of algorithms for protecting software systems from violating the integrity of the program code is a very progressive area of software engineering. Software protection against program code modification protects software from hacking. With the help of protection methods, it is possible to complicate modification and detect modified software. Programs that require program code protection include operating systems, networking and communication programs, text and graphic editors, game modules, compilers, and other software. Currently, there are no software protection methods that can fully protect them.

Software protection against modification of program code can have several purposes:

- *Prevent unauthorized changes.* Protecting your application code from modification can help prevent unauthorized changes that could lead to security breaches, incompatibilities, and other problems. For example, an attacker could modify the program code to inject malicious code or steal confidential information.
- *Maintaining program integrity.* Protecting program code from modification can also help preserve program integrity. If the program code is changed without taking into account all aspects of its operation, it can lead to crashes, errors, and other problems.



- *Compliance with legal requirements.* In some industries, such as financial and healthcare, there are legal requirements related to protecting confidential information and maintaining software integrity. Protecting application code from modification can help organizations comply with these requirements.
- *Protection of intellectual property.* Protecting program code from modification can help preserve intellectual property by preventing copying of the program or changing its functionality without the permission of the copyright holder, and can also be used to obtain guarantees for the use of licensed software, namely, to prevent the circumvention of license verification in the software.

Especially now, during the imposition of sanctions against aggressor countries, the area of software protection against code modification is very relevant, because many users from these countries use software without an up-to-date license, thus generating profits and paying taxes to the aggressor country, which go to the military sphere and are used for military aggressions against peaceful countries. It is necessary to conduct research in this direction in order to complicate the economic situation in the countries on which sanctions are imposed.

In general, protecting software from modification of the program code is an important measure to ensure security, intellectual property protection, and software integrity.

Protection mechanisms that can effectively protect software running in untrusted environments should have the following properties:

1. *Resilience.* The protection has no single points of failure and is hard to disable.
2. *Self-defense.* Able to detect and take actions against tampering.
3. *Configurability.* Protection is customizable and can be made as strong as one needs.
4. *White-box security.* Because any scheme for protection is likely to become publicly known over time, its strength should not be based on its secrecy but rather on the knowledge of a secret key used at protection-install time (but not stored anywhere within the protected program). [1]

Security systems should perform such functions as:

- ✓ Identification of protected resources.
- ✓ Authentication of protected resources, i.e. establishing their truth based on comparison with a reference.
- ✓ Define access rights to protected resources.
- ✓ Registration of user login to the system and registration of exit from it.
- ✓ Registering reactions to access rights violations.
- ✓ Processing of registration logs.
- ✓ Control of integrity and operability. Control and delimitation can be performed on the basis of tables. [2]

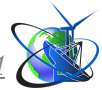
Collection and analysis of available information in the field of program code protection from modification

In order to analyze the information that will help to complicate and make it impossible to edit software worldwide, and especially in the aggressor country, and to understand the study of this issue on their side, it is also necessary to collect information from scientific papers that have been presented in this country.



Scientific problems in the field of software protection against code modification are solved with the help of such protection methods as encryption, steganography, hashing, compression, obfuscation, remote monitoring, regular updates.

1. Encryption of a program is used to prevent disassembly and modification of the program code. This method complicates the work of a reverse engineer, but the written decryptor returns a simplified program code that can be used to modify the program. [3]
2. Steganography disguises the key information needed to decrypt the code as the executable program code. [3] The advantage of steganography is that the information does not attract attention. It can be implemented by using various methods, such as changing bytes of program code, implementing secret messages in metadata, using unused bytes, etc. [4]
3. Hashing calculates check hashes and compares them with the reference hashes that are embedded in the software. [3]
4. Compressing sections of the code being executed, or the entire code, transforms the output to a different form. The advantages of this method include the fact that it makes analysis more difficult and reduces the size of the program, but any compression functions can be identified, especially if they are popular functions such as UPX or ASPack. [3]
5. Remote monitoring involves the program sending information about its work to a remote server where it can be analyzed.
6. Regular software updates can prevent vulnerabilities from being exploited to modify the code.
7. Code obfuscation transforms the program code in such a way that it becomes difficult to understand or incomprehensible to the reverse engineer. This may include changing the names of variables, functions, and classes, removing comments and spaces, rearranging code, and using other techniques to make it difficult to understand the program structure. Code obfuscation can reduce the ability of attackers to analyze the program and conduct attacks. This method of protection is one of the most popular methods. [5] There are the following types of obfuscation:
 - Lexical obfuscation. It involves changing identifiers, keywords, symbolic constants, and other elements of the programming language to make it harder for a reverse engineer to understand the code.
 - Data obfuscation. Changing data structures, variable declaration sequences, and transforming data stores.
 - Preventive obfuscation. This type of obfuscation is designed to prevent the successful application of deobfuscators to the code of a software product. It is aimed at exploiting the shortcomings of deobfuscation tools often used in software. [6]
 - Obfuscation of string literals. The method is based on the peculiarities of the pseudo-random number generator: with the same initial seed value, the sequence of numbers is always the same. The result of the method is an array of numbers that reflects the array and, due to the symmetry of the algorithm, can be converted back to a string. [7]

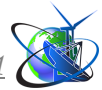


- Obfuscation of logical expressions. Use of logical expressions that have been simplified or collapsed. [7]

Some of these methods can be used in conjunction to create a more robust software protection against code modification.

Analyzing the existing analogues, it is possible to give a critical assessment of each method of protection:

1. Cryptographic methods of protection in client software are not reliable because the program must be run from the source code, and for this source code to appear, a program or module that decrypts the code must go with this program. If the reverse engineer has this software or module, he has full access to the program code of the software that is the target of the hack.
2. Stenographic methods of protection are ineffective, as integrated development environments can refer to places in the software code where information is hidden. Also, software steganography can be used by attackers to secretly transmit malicious code.
3. The method of comparing checksums has a good basis, but a reverse engineer can also calculate checksums and replace them in the program code, or remove the checksum comparison module altogether.
4. Using separate programs for comparing checksums is also not a reliable solution, because the individual software must also be protected from modification of the program code.
5. Remote monitoring is a good method, but a reverse engineer can intercept messages from unmodified software to a remote server, modify the program code, and send fake messages back to the remote server to show that the software has not been modified.
6. Regular updates will not give a good result, as the reverse engineer will be able to make the software automatically modify modules in new versions of the software being modified.
7. Obfuscation methods can only make the software code more complex, but it is possible to see the logical structures in it. So, a reverse engineer only needs one successful deobfuscation to get the first version of the program. In all subsequent versions of the software, the reverse engineer can use the code from the previous version of the program, replacing the same logical structures, and perform deobfuscation on new, unprocessed parts of the program code.
8. Lexical obfuscation is not a reliable method of protecting program code because it can be bypassed by reverse engineering the source code. In addition, lexical obfuscation can complicate the process of debugging and testing the program code.
9. The obfuscation of logical expressions consists in simplifying these expressions, which contradicts the term obfuscation and the principles of program code security, and if logical operators are complicated, it can affect the running time of the program code.
10. The use of a pseudo-random number generator for obfuscation using seed makes sense only if the pseudo-random number generator is located in the obfuscation and deobfuscation program, and not in the program library, because the version



of the program library can change, and therefore the logic of the pseudo-random number generator can change. It is known that random number generators in the Java programming language and the C# programming language differ in their operation and return different results under the same conditions.

The method of further development should be a set of algorithms built into protected programs that will protect the software from modification of the program code at different stages and states of the software operation, namely:

- Protecting software with client-side architecture.
- Protection of software with client-server architecture.
- Protecting the data transmission channel in client-server applications.

The quality of future algorithms can be assessed by using probability theory formulas, and the written software with these algorithms can be evaluated by metric analysis of software quality.

Probability theory can be used to compare data that will show the chance with which a reverse engineer will be able to edit software without protection, with existing protection methods, and with new protection methods.

Evaluating software quality using the results of metric analysis means that, based on the quality indicators, the values of the relevant quality metrics and the value of the complex quality indicator in the future software are calculated.

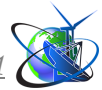
Metric analysis helps to solve such practical problems as:

1. Predicting the number of errors in software from the beginning of design.
2. Predicting the level of software complexity and its maintenance based on the analysis of design results.
3. Predicting the level of complexity of testing processes and the number of undetected errors based on the analysis of the program code.
4. Predicting the final size of the program code based on the analysis of software architecture design complexity estimates.
5. Determining the impact of certain characteristics of the program code on the quality of the finished software.
6. Control of the stages of software implementation.
7. Analysis of obvious and hidden defects in the finished software.
8. Identification of the best software development methods and technologies based on their comparison.
9. It helps to identify and fix software problems, improve efficiency, and reduce the risk of errors. [8]

Summary and conclusions

The analysis of existing methods of solving the problems of protecting programs from program code modification has shown that each method has a sufficient number of shortcomings that will negatively affect the success of software protection against disassembly and modification of program code, and no method can provide complete protection against such malicious actions.

Since each protection method does not fully protect the program, but only slows down the reverse engineer's work, we can conclude that disassembling and modifying the program code makes sense if it is commercially feasible and if there is time to obtain information, i.e., the main purpose of protection methods is operations that



make it inexpedient, or rather economically unprofitable, for an attacker to act.

It can also be concluded that the vast majority of protection methods use various types of obfuscation, from which you can always get unobfuscated code using self-written deobfuscators or existing ones and then edit the software.

The method of further development will be a set of algorithms for protecting program code at different stages and states of software operation.

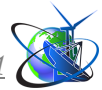
The quality of further development should be assessed with the help of:

- Probability theory formulas to compare the chances of a reverse engineer being able to edit the software.
- Metric analysis of software quality.

As a result of the work done to search and analyze the available information in the field of protecting program code from modification, we can conclude that this area is not sufficiently developed and has no results that could completely make the work of a reverse engineer impossible, and the number of programs being created is increasing every year. These factors make this area very progressive nowadays, and further research work is needed in this area.

References:

1. Chang, H. and Atallah, M. (2002). Protecting Software Code by Guards. Springer Link. DOI: 10.1007/3-540-47870-1_10
2. Kaplun, V., Dmytryshyn, O. and Baryshev Y. (2014). Protection of the software. Institutional repository of Vinnytsia National Technical University. Retrieved from <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/14257/Kaplun-6678619f16033b998a0c233b1e652488.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Butyn, A. (2018). Methodological aspects of software protection systems development. Cyberleninka. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-aspekty-razrabotki-sistem-zaschity-programmnogo-obespecheniya/viewer>
4. Herasymova, I. (2017). Obfuscation as one of the methods of protecting program code. Bauman Moscow State Technical University Kaluga. Retrieved from https://conference.bmstu-kaluga.ru/uploads/userfiles/april_2017_tom_3.pdf#page=98
5. Behera, C. and Lalitha Bhaskari, D. (2015). Different Obfuscation Techniques for Code Protection. Science Direct. DOI: 10.1016/j.procs.2015.10.114
6. Bondarchuk, A., Kornaga, Y., Bazaliy, M., Serhiyenko, P. and Ilin, O. (2020). A method of protecting program code from analysis by obfuscation. Telecommunications and Information Technologies. DOI: 10.31673/2412-4338.2020.045051
7. Davydov, V. (2021). Models and methods of increasing the bytecode-oriented software security of during cyberattacks. Repository of Cherkasy State Technological University. Retrieved from <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/2577>
8. Hrytsiuk, Y. and Andrushchakevych, O. (2018). A tool for determining the quality of software by methods of metric analysis. Scientific Bulletin of UNFU. DOI: 10.15421/40280631



УДК 519.6: 681.5

METHOD OF FORMING STEPPER MOTOR CONTROL SIGNALS FOR IMPLEMENTATION OF SINUSOIDAL MOVEMENT

СПОСІБ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ УПРАВЛІННЯ КРОКОВОГО ДВИГУНА ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИНУСОЇДАЛЬНОГО РУХУ

Kryvoruchko I.P./Криворучко І. П.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0000-0003-2848-5348

Institute for modeling and energy engineering, Kyiv, Naumova, 15, 03164

Інститут проблем моделювання в енергетиці, Київ, Наумова, 15, 03164

Vladimirsky A.A./Владимирський О.А.

d.t.s. / д.т.н.

Institute for modeling and energy engineering, Kyiv, Naumova, 15, 03164

Інститут проблем моделювання в енергетиці, Київ, Наумова, 15, 03164

Анотація. Точність відтворення закону руху каретки віброкалібрувального комплексу в великій мірі залежить від точності розрахунку міжкрокових інтервалів - сигналів STEP драйвера крокового двигуна. В середовищі імітаційного моделювання MatLab&Simulink розроблено блок формування сигналів керування крокового двигуна (КД) для організації форми напруг живлення статорних обмоток в режимі мікрокроку. Наведені графіки напруг для лінійного та синусоїдального типу обертання ротора КД. В роботі дається опис способу розрахунків міжкрокових інтервалів для реалізації руху каретки за синусоїдальним законом. Для запропонованого способу розрахунків розроблена програма і наводиться оцінка якості відтворення змодельованого руху.

Ключові слова: кроковий двигун, міжкроковий інтервал, сигнал STEP

Вступ

Вибір крокового двигуна у якості електромагнітного приводу віброкалібрувальної установки визначились його безсумнівними перевагами, а саме: висока питома потужність, високе відношення моменту до інерції ротора, відсутність обмоток ротора, відсутність зовнішнього збудження ротора. Крім того особливістю КД є те, що на відміну від інших типів двигунів, позиціонування ротора КД цілком визначається числом кроків, які здійснює КД та величиною кроку. Хоча для надійної роботи КД в умовах змінного навантаження та широкого швидкісного діапазону рекомендується застосовувати зворотний зв'язок. Для більш точного позиціонування та плавного переміщення ротора КД використовують мікрокроковий режим, який передбачає переміщення ротора на кут кратний поділу основного кроку КД на число 2^N , де N – ціле число. Ця міра квантування може сягати 1024. Саме мікрокроковий режим роботи вважається найкращим для точного позиціонування ротора. Для створення електромагнітного моменту, який взаємодіє з магнітними полями постійних магнітів ротора гібридного КД, обмотки статора заживлюють синусоподібними напругами u_a та u_b , зсунутими по фазі на кут $\pi/2$.

Основна частина

Рівняння, що описують роботу крокового двигуна наведені нижче [1]:



$$\begin{cases} u_a = R \cdot i_a + L \frac{di_a}{dt} - k_m \cdot \Omega \cdot \sin(p\theta) \\ u_b = R \cdot i_b + L \frac{di_b}{dt} + k_m \cdot \Omega \cdot \cos(p\theta) \\ J \cdot \frac{d\Omega}{dt} = M_{Em} - B \cdot \Omega - T_l - T_{dm} \sin(4p\theta), \frac{d\theta}{dt} = \Omega \end{cases} \quad (1)$$

де $M_{Em} = k_m(i_b \cos(p\theta) - i_a \sin(p\theta))$ - електромагнітний обертаючий момент, створюваний при заживленні статорних обмоток; R – опір статорних обмоток, Ohm; L - індуктивність обмоток, Н; i_a, i_b – струм в обмотках, А; p – число пар полюсів ротора; Ω (Omega) – частота обертання ротора, rad/s; θ - кут повороту ротора, rad; k_m - постійна обертаючого моменту двигуна, Nm/A; T_{dm} – фіксує момент – момент, який виникає між ротором та статором за відсутності струму в обмотках; B – коефіцієнт загального тертя, пропорційного швидкості обертання.

Величина km може бути розрахована за наступним виразом:

$$k_m = \frac{M_{hold}}{i_{max}} \quad (2)$$

де M_{hold} – утримуючий момент; i_{max} – максимальний фазний струм.

Нелінійність рівнянь (1) ускладнює їх розв’язок, тому вдаються до методів пониження порядку диференціювання, використовуючи оператор Лапласа.

Операторна форма запису рівняння обертального руху матиме наступний вигляд:

$$J \cdot p \cdot \Omega = M_{Em} - B \cdot \Omega - T_l - T_d \quad (3)$$

де $p = \frac{d}{dt}$ – оператор Лапласа.

Ці рівняння не враховують магнітне насичення статорних осердь а також ігнорується наявність міжполюсного потокощеплення. Для моделювання динамічних систем у роботі використовується пакет імітаційного моделювання Simulink, який входить до потужного пакету числового комп’ютерного моделювання MATLAB.

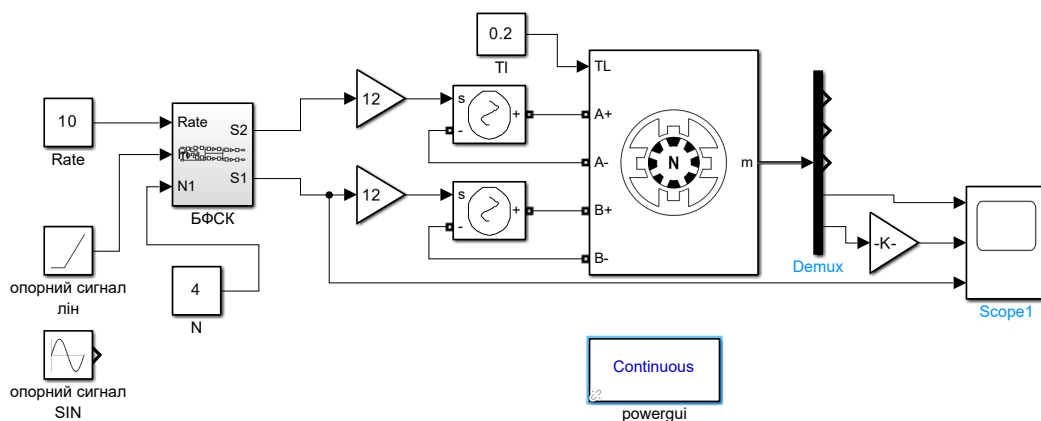
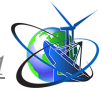


Рисунок 1. Simulink модель КД у системі a-b



На рисунку 1 наведена імітаційна модель КД у системі відліку a-b , що реалізує систему рівнянь (1). Блок формування сигналу керування (БФСК), блок схема якого зображена на рисунку 2, формує два синусоподібні сигнали S1 та S2 , зсунуті по фазі на кут $\pi/2$ і необхідні для мікрокрокового режиму роботи КД. Блок “constant” (N) встановлює необхідний рівень квантування.

Система відліку a-b передбачає прив’язку координатної системи відліку кутів положення ротора відносно статора до осі однієї зі статорних обмоток.

У якості прикладу для моделювання використовувався ГКД формату NEMA23, що має наступні параметри:

Величина кроку, град	1.8	Індуктивність обмоток, Н	1.4×10^{-3}
Номинальний струм, А	2.8	Опір обмоток, Ohm	0.7
Момент утримання, N·m	0.55	Інерція ротора, kg·m ²	15×10^{-6}
Коеф. в’язкого тертя, N·m·s	0.0002	Фіксуєчий момент, N·m	0.0013

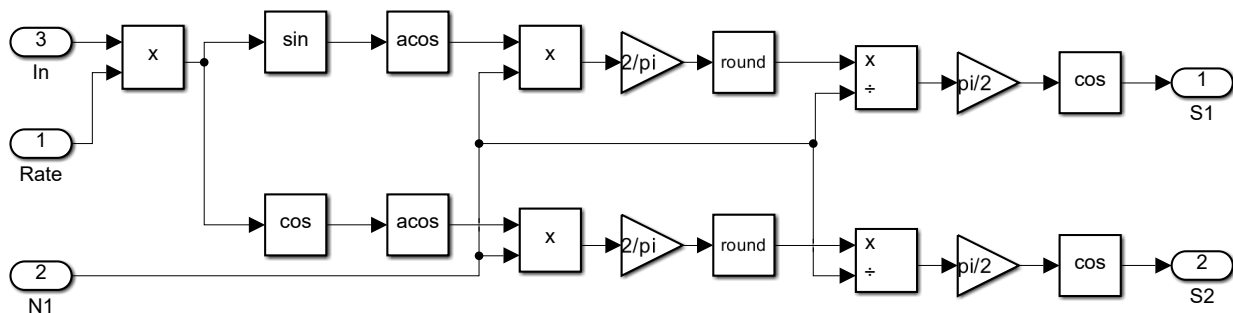


Рисунок 2. Simulink модель БФСК

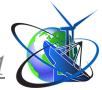
Результати моделювання за вказаними величинами параметрів КД наведені на рисунку 3. У якості джерела лінійної зміни фази (вхід In) у моделі використовується блок “опорний сигнал лін”. Фазова швидкість $\omega(t)$ задається параметром цього блоку і складає 100 рад/с. Це відповідає $\omega(t)/2\pi$ коливань фазних напруг за секунду. Враховуючи те, що одному періоду цього сигналу відповідає обертання ротора на кут рівний чотирьом крокам, можна вивести формулу зв’язку швидкості обертання ротора КД (Ω) з кутовою частотою сигналу управління (ω):

$$\Omega = \frac{4 \cdot \omega \cdot S \cdot \pi}{2 \cdot \pi \cdot 180} = \frac{\omega \cdot S}{90} \tag{4}$$

де S – величина кроку в град ($1,8^\circ$). Для нашого випадку Ω становить 2 рад/с, що відповідає прийнятому для математичної моделі КД співвідношенню: $\Omega = \frac{\omega}{p}$

, де p – число пар статорних полюсів (для нашого КД $p=50$).

На рисунку 3 представлені результати моделювання роботи КД при фіксованій швидкості обертання ротора $\Omega=2$ рад/с. При збільшенні фазової частоти сигналів управління виникає ситуація коли ротор КД не може розпочати обертання. Це явище викликано зменшенням електромагнітного моменту, який вже не спроможний пересилити гальмівні моменти, що діють на



ротор. Причиною зменшення величини цього моменту є зменшенням струму в статорних обмотках через інерційність послідовно з'єднаних опору та індуктивності обмоток [2].

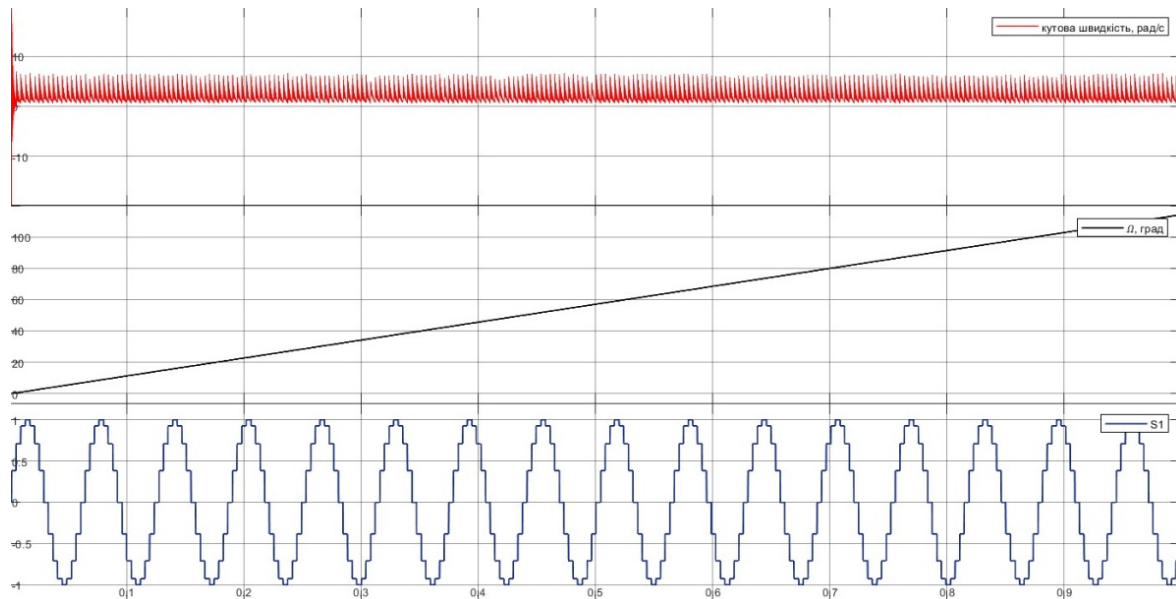


Рисунок 3. Діаграми кутової швидкості, переміщення (кут) та одного з фазових сигналів (за рисунком 1)

Реактивний опір індуктивності пропорційний частоті і починаючи з деякої її величини стає визначальною сумарного опору статорної обмотки. Постійна часу зростає і струм обмотки не встигає досягти номінальних значень, а отже і необхідного крутного моменту [3]. Одним із методів збільшення «стартової» частоти є збільшення напруги, а отже і струму живлення обмоток. Для потужних КД напруга живлення драйвера КД може сягати сотні вольт. Роль драйвера полягає в заживленні обмоток КД струмом необхідної величини для створення максимального крутного моменту. Головною умовою стабільної роботи КД є непереверження максимального значення середнього струму, визначеного виробником КД.

В загальному випадку роботу БФСК можна описати наступним рівнянням:

$$\text{Angle}(t) = \left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot q \cdot \text{round}(2 \cdot \varphi(t) / \pi \cdot q), \quad (5)$$

де q –квантування і рівний $1/N$ ($N=2^k$, k – натуральне число), $\varphi(t)$ – фаза.

На рисунку 4(а) наведено графіки розрахунків за наведеною вище формулою для двох $\varphi(t)$ вигляду $\varphi(t) = K * t$. Графік Angle_2 відповідає $\varphi(t)$, який має коефіцієнт K вдвічі більший за відповідний коефіцієнт для Angle_1 . Розраховані величини $\cos(\text{Angle}(t))$ для дискретизованих значень аргументу наведені на рисунку 4(б). З останніх графіків слідує пряма пропорційність частоти синусоподібних вихідних сигналів швидкості зміни аргументу (фази $\varphi(t)$). У випадку іншого закону зміни $\varphi(t)$, частота вихідних сигналів також буде змінюватися відповідно до закону $\varphi(t)$.

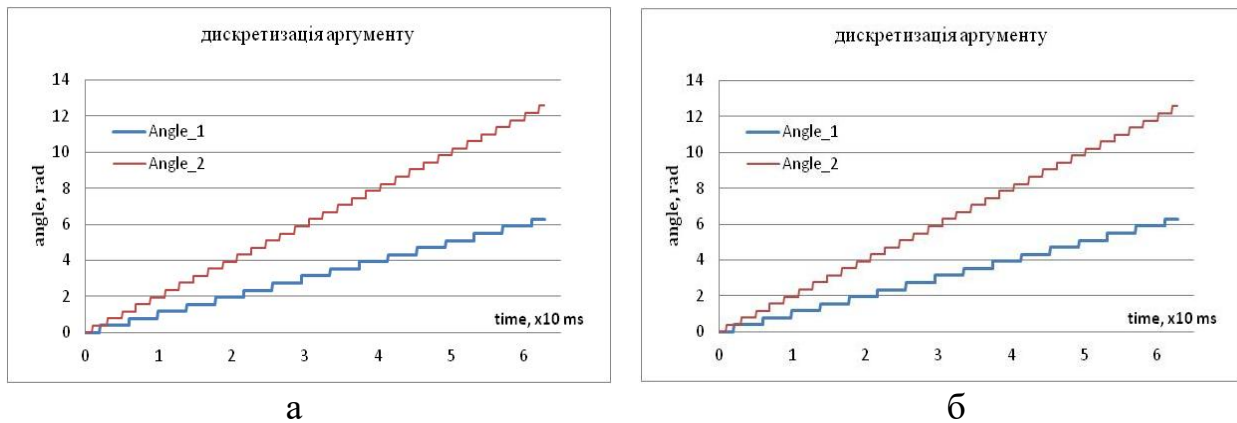
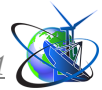


Рисунок 4. Графіки дискретизації лінійно-змінного вхідного сигналу та відповідного вихідного сигналу

Для забезпечення коливального руху, як основного типу механічного переміщення каретки віброкалібрувальної установки [4], вимагається формування відповідного сигналу управління. У ролі БФСК для цього випадку можна використати блок вже згаданий вище. Але у якості опорного сигналу використовуємо блок “Sine wave” – генератор синусоїдального сигналу (опорний сигнал COS).

Деякі пояснення щодо роботи БФСК наведені нижче.

Вхід N_1 - число, яке визначає ступінь квантування мікрокроку ($q=1/N_1$), входи In та $Rate$ еквівалентні і задають бажаний закон зміни фази коливання ϕ_s , S_1 , S_2 – вихідні синусоподібні сигнали для заживлення статорних обмоток. Нижче наведено графік цих сигналів для лінійної та синусоїдальної зміни фази. Фіксований рівень сигналу на входах блоку не викликає зміну сигналів на виходах, тобто БФСК реагує лише на зміну вхідних сигналів. Для вхідного сигналу змінної величини частота вихідного сигналу теж змінюється. Наприклад, для $In(t) = A_m \sin(\Omega t)$ можна розрахувати інтегральну фазу за інтервал рівний $1/4$ періоду коливань $T_0=2\pi/\Omega$.

$$\phi_s = \int_0^{1/4 T_0} In(t)' dt = \int_0^{1/4 T_0} A_m \Omega \cos(\Omega t) dt = -A_m \sin(\Omega t) \Big|_0^{1/4 T_0} = A_m$$

Тобто інтегральна фаза (в радіанах) рівна амплітуді вхідного сигналу. Знаючи величину ϕ_s можна розрахувати число синусоїдальних коливань вихідних сигналів блоку - $N_k = \phi_s / 360$. Враховуючи те, що одне коливання вихідного сигналу відповідає 4-м крокам КД і знаючи величину одного кроку S можемо навести формулу для амплітудного кутового відхилення коливання ротора КД: $\phi_m = 4 * A_m * S / 360 = A_m * S / 90$, тобто маємо таке ж співвідношення, як і для швидкостей.

Графіки вихідних сигналів БФСК для лінійної зміни фази (In) та за синусом ($A_{In}=50$) для $N=4$ наведені відповідно на рисунках 5 та 6.

Період коливань каретки відповідає періоду вхідного сигналу In , а амплітуда коливань, яка є сумою кроків переміщення каретки від початку коливань до моменту рівного $1/4$ періоду, пропорційна амплітуді вхідного сигналу In . На наступному графіку (Рисунок 7) можна бачити вплив збільшення



амплітуди коливання I_n на вигляд вихідних сигналів S_1 та S_2 .

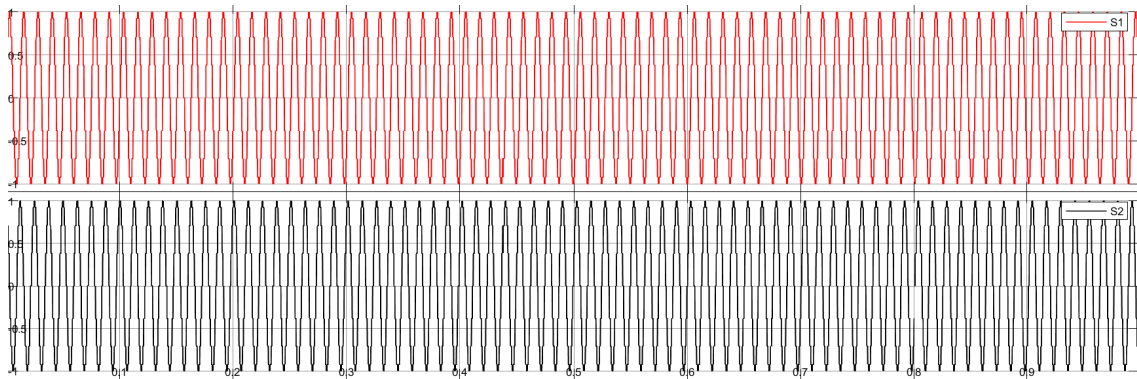


Рисунок 5. Графіки вихідних сигналів для лінійно-змінного I_n .

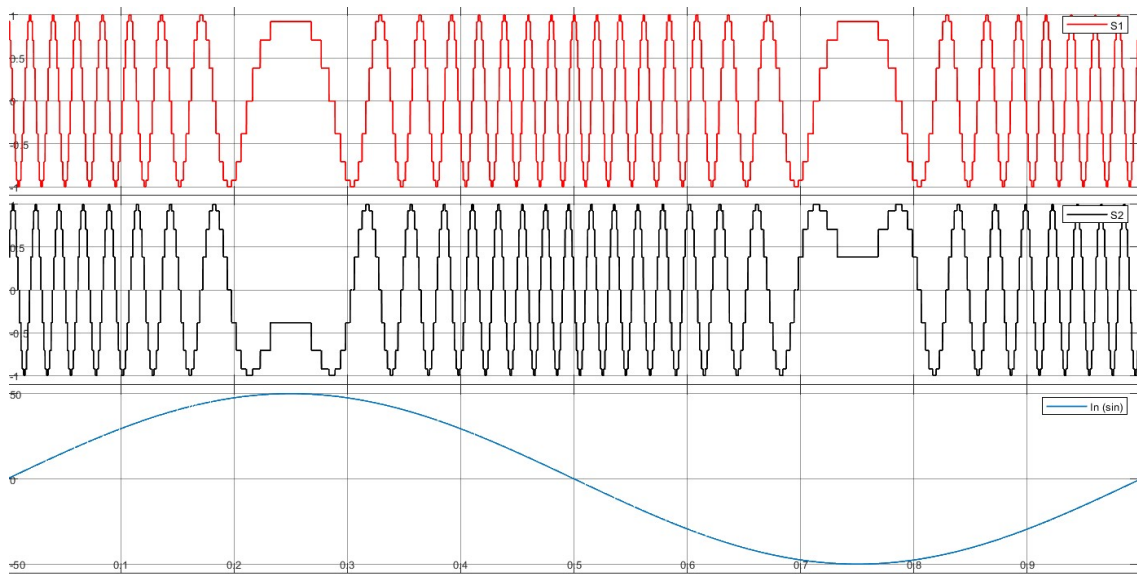


Рисунок 6. Графіки вихідних сигналів для входу типу $I_n = A \sin(t)$

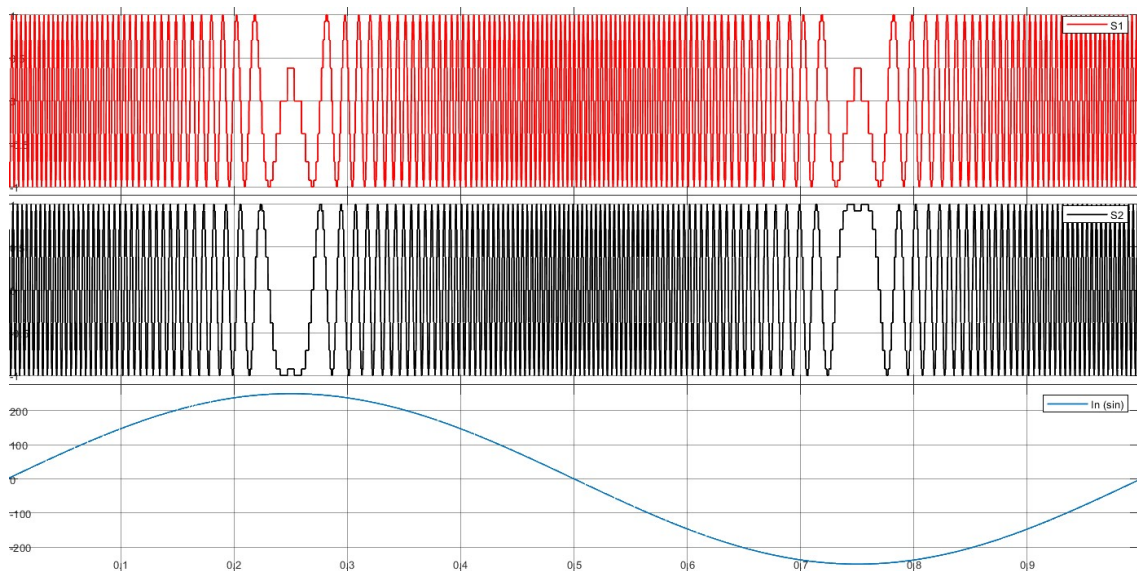


Рисунок 7. Графіки вихідних сигналів для $I_n = 5.2 \cdot A \sin(t)$

Аналіз аналітичного виразу вхідного сигналу і графічних залежностей для вихідних сигналів показує, що при такому виборі сигналу управління



$(A_m \sin(\Omega t))$ початок обертання ротора КД відповідає максимальній швидкості, що чисельно рівне $A_m \Omega \cdot \cos(\Omega t)/50 = A_m \Omega/50$. Тому раціональному вибору сигналу управління відповідає рівність початкової швидкості обертання ротора мінімальному значенню. За цих обставин вибираємо вхідний сигнал: $In(t) = A_m \cos(\Omega t)$. В початковий момент коливань – крайнє перше положення каретки і в другому крайньому (через півперіоду) швидкість має нульове значення. Ця особливість характеру коливань дає можливість змінювати напрямок руху каретки на протилежний в момент досягнення крайніх положень без значних механічних навантажень.

Максимальна швидкість обертання ротора КД обмежує максимальне кутову амплітуду коливання, а також лінійне переміщення каретки. Наприклад, для вибраного для моделювання КД нижче наведено максимальні кутові відхилення, швидкості та прискорення для різних частот коливання.

Частота коливання, Гц	Макс. ампл. відхилення, рад	Макс. швидк., рад/сек	Прискорення, рад ² /сек
0,1	4500	2862	1735
1	450	2862	3943
10	22	1382	86764

Величину максимального прискорення можна розрахувати за формулою:

$$\Omega' = A_m \Omega^2 / 50.$$

Обмеження максимальної швидкості обертання для частоти 10 Гц можна пояснити досягненням прискорення критичної величини, яка спричинює зрив коливань. Для оцінки точності відтворення закону коливань порівнювалися крива опорного сигналу (здатчик) та вихідний сигнал - крива кутового відхилення $\theta(t)$. Нижче наведено дані порівняння для деяких частот коливань.

Частота коливання, Гц	Амп. коливання, рад	Макс. відхилення, рад	Відносне відхилення, %
0,1	4000	0,034	0,00085
1	400	0,027	0,00675
10	20	0,011	0,055

Слід пам'ятати про залежність максимальних швидкостей від навантаження на КД, яке може динамічно змінюватися. У випадку перевищення навантаження на КД вище певної величини, можливе порушення в роботі КД, яке може супроводжуватися пропуском кроків та втратою синхронізації.

В сучасних системах керування КД широко використовуються драйвери КД, які формують струми відповідних величин в статорних обмотках синхронно з дією імпульсів STEP, які спричинюють обертання ротора КД на



один крок (мікрокрок). Додатковий сигнал управління DIR драйвера визначає напрямок обертання ротора. Для вибору режиму мікрокроку слугують відповідні перемикачі або інтерфейс для програмного керування. Робота драйвера вимагає використання масиву даних міжкрокових інтервалів, які визначають характер зміни кута обертання ротора з часом. Можливість представлення синусоїди кусково-лінійною функцією і фіксації величини міжкрокових інтервалів на цьому лінійному відрізку розглядалася в [5]. Альтернативним до цього рішення є використання узагальненого виду рівняння (5), яке визначає роботу згаданого вище БФСК, з визначеною для вирішення нашої задачі функцією $\varphi(t) = A_m \cos(\Omega t)$. З рис. 4 видно, що момент початку мікрокроку співпадає з фронтом ступінчастої зміни розрахованої фази статорних напруг $\text{Angle}(t)$. Для отримання часових значень міжкрокових інтервалів було розроблено алгоритм і програмний код.

У якості вхідних параметрів для розрахунків були визначені: T – період коливань, Q_m – амплітуда коливань в кроках, N – значення мікрокроку (1, 2, 4 ..) і точність (дискретність по часу) розрахунків. Враховуючи періодичність косинусоїди розрахунки проводяться для $1/4$ періоду коливань.

Дані розрахунку міжкрокових інтервалів для $T=1\text{сек}$, $Q_m=100$, $N=4$ та $k=0.00001$ були використані для оцінки подібності змодельованої залежності $A_m \cos_m(\Omega t)$ та аналітичного виразу $A_m \cos(\Omega t)$ для тих самих моментів часу. Коефіцієнт кореляції Пірсона становив $R=0.962$, а відносна евклідова відстань $L_r=0.149$. Відносна евклідова відстань розраховувалася за формулою:

$$L_r = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}}{\sqrt{N}}$$

Висновки

В середовищі імітаційного моделювання MatLab&Simulink розроблено блок формування сигналів керування КД, який дозволяє легко сформувати форми статорних напруг КД за заданими параметрами руху. На прикладі конкретного КД змодельовані графіки сигналів статорних напруг для лінійного та синусоїдального типів обертання ротора.

Запропоновано спосіб розрахунку міжкрокових інтервалів для формування сигналів STEP драйверів КД. Отримані розрахункові оцінки подібності змодельованого закону руху та опорного показують високу схожість.

Наступним кроком досліджень роботи КД у якості приводу віброкалібрувальної установки буде дослідна оцінка запропонованого способу.

Список літератури

1. Chiu-Keng Lai, Jhang-Shan Ciou, Chia-Chetsai, "The stepper motor drive system design by matlab/simulink and fpga", IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 6, no. 3, pp. 49-56, 2018.
2. А.И Шеремет., Н.В. Климченкова, А.Г. Климченков. Математическое описание шагового электропривода и реализация его системы управления на



базе м/к Arduino //Научный вестник ДГМА. – 2017. - №3. –С. 88-96

3. М.Г. Чиликин. Дискретный электропривод с шаговым двигателем. – М.: Энергия, 1971. – 624 с.

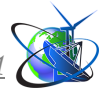
4. О.А.Владимирський, І.А.Владимирський, А.П.Іващенко, І.П.Криворучко, Розробка структури низькочастотної автоматизованої віброкалібрувальної установки НАВКУ-3. Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 89, Київ, 2019 р.-с.45-49.

5. І.П. Криворучко Кусково-лінійна апроксимація синусоїдального руху каретки віброкалібруваного комплексу. *SWorldJournal*, 2022, 11-01, р.79-84. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2022-11-01-59>**DOI**

Abstract The accuracy of reproducing the law of the carriage movement of the vibrocalibration complex depends to a large extent on the accuracy of the calculation of step intervals - STEP signals of the stepper motor driver. In the MatLab&Simulink simulation environment, a stepper motor control signal generation unit was developed to organize the shape of the power supply voltages of the stator windings in the microstep mode. The voltage graphs for the linear and sinusoidal type of rotation of the SM rotor are given. The paper describes the method of calculating step intervals for the implementation of carriage movement according to the sinusoidal law. A program has been developed for the proposed method of calculations and an assessment of the quality of reproduction of the simulated motion is provided.

Key words: stepper motor, step interval, STEP signal

Науковий керівник: д.т.н., Владимирський О.А.



UDC 519.16

SOFTWARE ARCHITECTURE FOR SOLVING LARGE-SCALE TRAVELING SALESMAN PROBLEMS

Bazylevych R. P.*d.t.s., prof.*

ORCID: 0000-0002-7949-1353

Lviv Polytechnic National University, St. Bandery str. 12, Lviv, 79013

Kutelmakh R.K.*c.t.s..*

ORCID: 0009-0008-6499-1161

Lviv Polytechnic National University, St. Bandery str. 12, Lviv, 79013

Bhanu Prasad**Professor*Department of Computer and Information Sciences, Florida A&M University,
Tallahassee, Florida 32307, USA.**Corresponding author*

Abstract. The architecture of a cross-platform software for solving large-scale Traveling Salesman Problem (TSP) is presented. According to this architecture, the software consists of a central control module and additional modules - input data, input data processing, input/output data visualizers, and algorithm library. The developed software can be used to solve large-scale TSP (more than 100,000 points) while ensuring that the length of the solution is within 0.5% above the optimum and the solution is generated in an acceptable amount of time. The algorithms integrated into the software have computational complexity close to linear-logarithmic, which makes it possible to reduce the runtime of the solutions.

Key words: Traveling salesman problem, decomposition, large-scale, software, architecture, combinatorial optimization, algorithm

Introduction

Traveling Salesman Problem (TSP) [1, 2] has a wide range of applications in areas such as transportation systems, automated design, integrated circuits testing and manufacturing, printed circuit boards, laser cutting of plastics and metals, protein structure study, continuous line drawing technology, embroidery, welding, X-ray crystallography, etc. An important feature of these TSPs is their large-scale, which, for many of them, is more than several million points. TSP refers to NP-hard problems because TSP has factorial computational complexity. This makes it difficult to obtain exact solutions in a reasonable amount of time for large-scale TSPs.

Existing software for solving TSP [3, 4] is based on algorithms that have a quadratic and higher computational complexity and cannot be used for large-scale problems. Helsgaun developed the most effective heuristic algorithm, LKH, for solving the TSP [5 - 7]. As the experiments show, LKH provides a solution which is within 0.1-0.2% length above the optimal one and the solution is generated in an acceptable amount of time. The computational complexity of the LKH algorithm is $O(N^{2.2})$, where N is the total number of points in the TSP.

Several decomposition algorithms for solving large-scale TSPs were developed: a macro modeling method for clustered TSP [8], a partial solution expanding method for arbitrary distribution of points [9], initial solution optimization methods –



sequential optimization [10], geometric areas optimization, and triangulation-based optimization [11]. The developed methods can be used for large-scale TSPs, as proved by the experiments [12]. These developed algorithms have a computational complexity close to linear-logarithmic. According to these developed methods, the process of solving a TSP consists of the following stages:

- forming a set of clusters or subsets of points, depending on the distribution of the points;
- finding an initial solution;
- optimization of the initial solution.

It is appropriate to develop an applied software system for solving large-scale TSP based on these methods. In order to have efficient calculations, special data structures and algorithms have been developed in this research.

Problem formulation

TSP is formulated as follows: given a set of points P , described by the coordinates:

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}, \text{ where } p_i = (x_i, y_i) \text{ for } i \in \{1, 2, \dots, N\};$$

and the metric $\text{dist}: P \times P \rightarrow R$ on set P :

$$\text{dist}_E(p_i, p_j) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \text{ for } i, j \in \{1, 2, \dots, N\} \text{ (Euclidean metric)} \quad (1)$$

$$\text{dist}_O(p_i, p_j) = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \text{ for } i, j \in \{1, 2, \dots, N\} \text{ (orthogonal metric)} \quad (2)$$

the problem is to minimize the length of the closed route M , which visits all the points of P :

$$\text{len } M \rightarrow \text{minimum}, \quad (3)$$

where $M = \langle m_1, m_2, \dots, m_N \rangle$, where $m_i \in P$ and $|M| = N$; and

$$\text{len } M = \text{dist}(m_i, m_{i+1}) + \text{dist}(m_N, m_1) \text{ is the route length function.} \quad (4)$$

The problem is considered symmetric TSP if $\text{dist}(p_i, p_j) = \text{dist}(p_j, p_i)$, otherwise it is asymmetric TSP. Under the condition of returning to the initial point, the problem is called closed TSP, otherwise it is unclosed TSP.

Related works

Experimental investigation of the efficiency of the existing TSP solving methods was carried out. The "Concorde" [3] software and LKH [4] heuristic were chosen for the experiments. According to the experimental results, the exact method implemented in "Concorde" software provides a relatively quick optimal solution for the TSPs with no more than 1,000 points. As the experiments show, LKH heuristic does not guarantee optimality (but the solution quality is near-optimal). LKH provided optimal solutions for all TSPs except for those with 1,000 points. For a TSP with 1,000 points, the solution quality of the LKH method is 0.043% above the optimal, which is near-optimal. Fig. 1 illustrates: (a) the characteristics of some existing heuristic methods for solving the TSP, (b) their deviations from the optimal solution, and (c) their computational complexity.

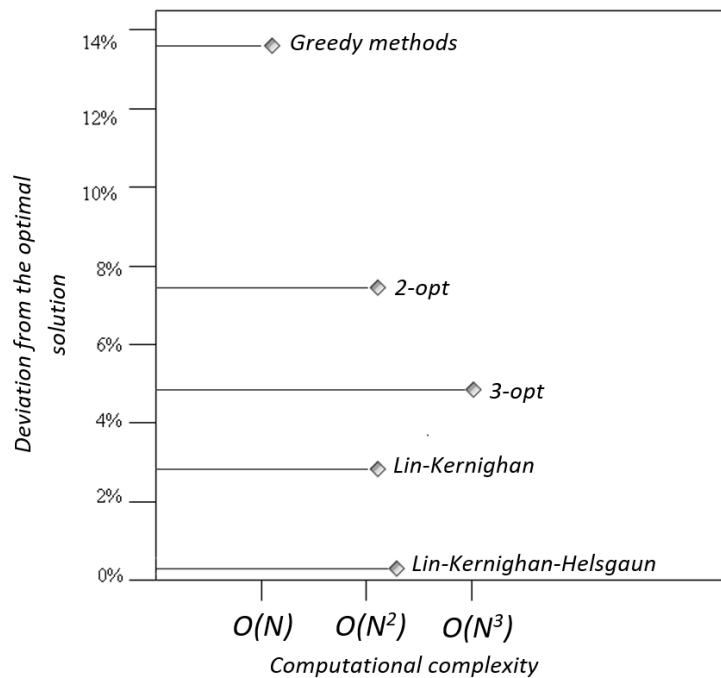


Figure 1 – Runtime characteristics of some heuristic methods for solving TSP

Proposed software architecture for solving large-scale TSP

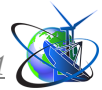
The software architecture of the system for optimizing large-scale TSPs is presented. The system is named "VRP Modeler" and consists of a central control module and additional modules. The control module is responsible for basic functions for manipulating abstract documents, method libraries, visualization modules, and input data generators. Additional modules contain methods, visualizers, and data handlers.

The main components of the software are:

- central control module;
- modules for visual viewing input data, output data, and intermediate results;
- input data generators module;
- input data processing module;
- method libraries for solving the problem.

Fig. 2 shows the structure of VRP Modeler and the links between its components. The Input Data module accepts the input data. The input can be either in TSPLIB format (TSPLIB is the library that contains known TSP instances with points ranging from 14 to 85,900) or generated automatically by an algorithm according to given settings such as the number of points, clustered or uniform distribution of points, etc. This input is supplied to the Input Data Processing module where the input is converted to an internal format. E.g., in the internal format, the data (i.e., set of points) can be presented as a one-dimensional array of elements, and the route can be presented as a two-level bidirectional linked list.

The input in the internal format is supplied to the Control module that works as a hub between various other modules of the system. Further, the data is submitted to the Input Data Visualization module where it is displayed in the application window. The Input Data Visualization module is a set of C++ classes for configuring and displaying the data of the given TSP. E.g., each point can be visualized as a circle,



rectangle, rhombus, etc., and a scale for increasing or decreasing the accuracy of calculations, rotating the problem area, and mirroring the area.

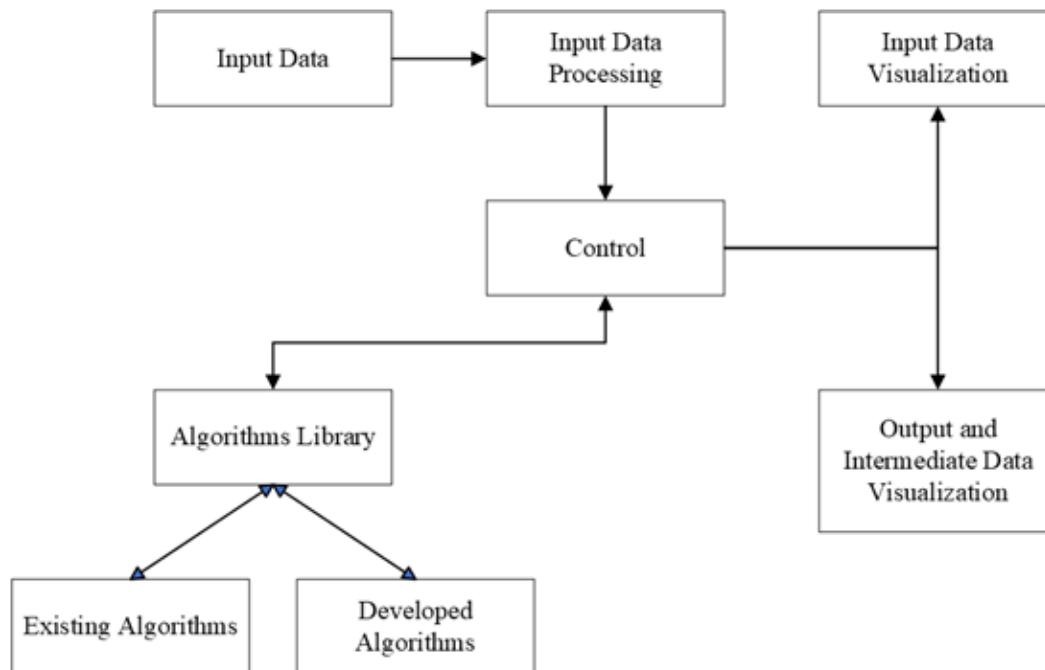


Figure 2 – Schematic diagram of VRP Modeler

To run a specific algorithm for solving the TSP, the Algorithms Library module is used. This library consists of some existing and developed algorithms. Each algorithm has its own settings like the initial route, basic algorithm, number of iterations, scanning area size, overlapping area size, etc. After the execution of an algorithm, the resultant data is returned to the Control module. The system is developed in such a way that new algorithms can be easily added to the system (i.e., add to either the Existing Algorithms module or the Developed Algorithms module).

After the execution of an algorithm, the resultant data is transferred to the Output and Intermediate Data Visualization module, via the Control module. The Output and Intermediate Data Visualization module is an extension of the Input Data Visualization module and uses specific parameters according to the problem-solving algorithm. E.g., for a method based on macromodeling, it "knows" and draws elements such as clusters of points, macroroute, elementary optimization area, etc. Fig. 3 shows further details about the Algorithms Library module of Fig. 2.

Data structures to represent a route is important, especially for the program implementation of large-scale TSPs. Most often, the use of certain data structures affects the execution time. The use of k -opt leads to the reversal (i.e., reverse passage of points) in a particular section of the route. The time required for this operation is within the range from $O(\log_2(N))$ to $O(N)$. The reverse operation will take an $O(N)$ time using regular array, which is unacceptable for large-scale TSPs. It is necessary to use another data structure such as two-level tree or two-level double-linked list. In this case, the reverse operation will take $O(\sqrt{N})$ time. This is the best data structure for TSPs with 1,000 to 1,000,000 points. The splay-tree data structure is best for large-scale TSPs; in the worst case, it will take $O(\log_2(N))$ reverse time (but its



implementation is more complicated). The best choice is to use arrays for small TSPs, two-level double-linked lists for TSPs with 1,000 to 1,000,000 points, and splay-trees for very large-scale TSPs (i.e., beyond 1,000,000 points).

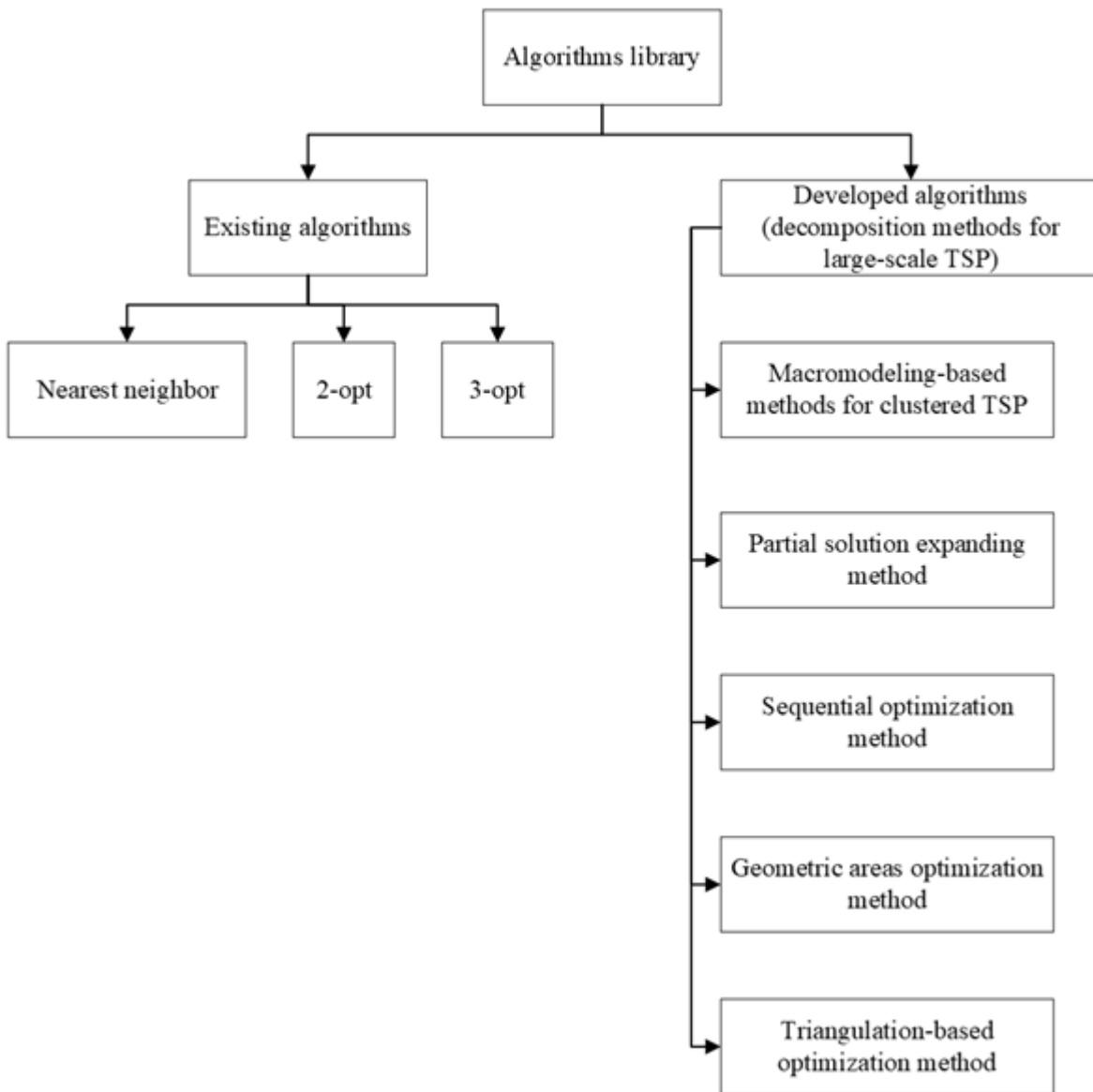


Figure 3 - Further details about Algorithms Library module

VRP Modeler includes functionally independent components (classes), each of them is designed to perform certain operations. To provide flexibility in expanding its functionality, the software consists of a main executable module VRPModeler and a set of additional dynamic modules. SQLite's database configuration file contains a list of all modules available in the current software version. Every additional module of VRP Modeler contains:

- description of the problems to be solved;
- input data processing module;
- problem solving methods module;
- input/output data visualization module.



Every project in VRP Modeler is a set of independent tests. In turn, every test is represented by a set of input data, input and output data visualizer type, and also an algorithm for solving a specific TSP.

The result can be saved as a graphic or text file (TSPLIB route). Saved route in TSPLIB format (.tour file) can be loaded for further optimization. After opening the project, the user can view pre-generated input data, as well as the result from the investigated method. Users can also generate new input data to the existing test, change its number, load input data into an existing test from file, or create new test in the current project with other components (for example, another algorithm, visualizer type, etc.).

Conclusions

The details of a software architecture for solving large scale TSP (more than 100,000 points) is presented. Using this software, (a) specialized decomposition methods for obtaining initial solutions as well as their optimization and (b) known heuristic methods (2-opt, 3-opt, etc.) for solving TSP can be implemented. The developed software can be used to solve large scale TSP while ensuring the solution quality within 0.5% above the optimum, and the solution can be generated in an acceptable amount of time.

References:

1. Applegate D. The Traveling Salesman Problem – A Computational Study / Applegate D.L., Bixby R.E., Chvatal V., Cook W. J. // Princeton Series in Applied Mathematics. – Princeton University Press. – 2006. – 608 pp.
2. Cook W. In pursuit of the traveling salesman : mathematics at the limits of computation // Princeton University Press. – 2014. – 214 pp.
3. Concorde TSP Solver URL: <https://www.math.uwaterloo.ca/tsp/concorde.html>
4. LKH Version 2.0.10 (November 2022) URL: <http://akira.ruc.dk/~keld/research/LKH/>
5. Helsgaun K. An Efficient Implementation of k-Opt Moves for the Lin-Kernighan TSP Heuristic // Datalogiske Skrifter (Writings on Computer Science) . – 2006. – No. 109. – Roskilde University.
6. Helsgaun, K. General k-opt submoves for the Lin-Kernighan TSP heuristic. Math. Prog. Comput. – 2009. - 1(2-3) .- pp. 119-163.
7. Helsgaun K., An Extension of the Lin-Kernighan-Helsgaun TSP Solver for Constrained Traveling Salesman and Vehicle Routing Problems. Technical Report, Roskilde University, 2017
8. Bazylevych R. Decomposition and scanning optimization algorithms for TSP / Bazylevych R., Kutelmakh R., Prasad B., Bazylevych L. // Proceedings of the International Conference on Theoretical and Mathematical Foundations of Computer Science. – Orlando, USA. – 2008. – pp. 110-116.
9. Bazylevych R. A decomposition algorithm for uniform Traveling Salesman Problem / Bazylevych R., Prasad B., Kutelmakh R., Dupas R, Bazylevych L. // Proceedings of the 4th Indian International Conference on Artificial Intelligence. – Tumkur, India. – 2009. – pp. 47-59.



10. R. Bazylevych, M. Palasinski, R. Kutelmakh, B. Kuz, L. Bazylevych. “Decomposition methods for large-scale TSP”. Artificial intelligence methods and techniques for business and engineering applications”, ITHEA, Rzeszow – Sofia, 2012, pp. 148-157.

11. Roman Bazylevych, Marek Pałasiński, Roman Kutelmakh, Bohdan Kuz, Efficient decomposition algorithms for solving large-scale TSP. In book: G. Setlak, K. Markow. Computational models for business and engineering domains. ITHEA, Rzeszow-Sofia, 2014, pp. 225-234.

12. Bazylevych R., Kutelmakh R., Kuz B., Dupas R., B. Prasad, Y. Haxhimusa, L. Bazylevych, A Parallel Ring Method for Solving a Large-scale Traveling Salesman Problem, I.J. Information Technology and Computer Science, 2016, 5, pp. 1-12

Article sent: 20.04.2023

© Bazylevych R.P., Kutelmakh R.K., Bhanu Prasad

**CONTENTS****Mechanical engineering and machinery**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-007> 3

CREATION OF A UNIFIED REFRIGERATION SYSTEM WORKING ON DIFFERENT REFRIGERANTS

Konstantynov I.O., Sazanskyi A.R., Khmelniuk M.G.

Electrical engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-046> 14

INVESTIGATION OF MAGNETIC PROPERTIES OF DIAMOND COMPOSITES WITH THE ADDITION OF N-LAYER GRAPHENE

Sokolov O.M., Harhin V.H.

Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-052> 20

ANALYSIS OF ANTI-DRONE SYSTEMS

Prytula M.O., Khloba A.A., Shurkhal M.Y.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-081> 27

NAVIGATION SYSTEMS AND THEIR PLACE IN THE MOBILE ROBOT CONTROL SYSTEM

Nazarenko N.M., Zayets S.S., Kyrychuk Y.V.

Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-010> 33

SEMI-SUPERVISED MACHINE LEARNING FOR OIL AND GAS PIPELINE CRASHES DETECTION

Kropyvnytska V.B., Mahas D.M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-051> 37

DEVELOPMENT OF THE FLUE GAS CLEANING SYSTEM OF BOILER UNITS OPERATING ON SOLID FUEL

Hlushchenko O., Litvinov M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-082> 44

INTENSIFICATION OF MASS EXCHANGE PROCESSES IN THE SYNTHESIS OF GAS HYDRATES

Kutnyi B.A., Chernetska I.V.

**Animal products. Cereals and grain. Milling industry**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-056> 50

RATIONAL PARAMETERS FOR THE PROCESSING OF GOAT MILK INTO SOUR-DAIRED CHEESE

Ryzhkova T.M., Lysenko H.L., Heida I.M., Bodnarchyk I.M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-064> 56

TECHNOLOGY IMPROVEMENT OF TURKISH SWEETS USING REGIONAL RAW MATERIALS

Fialkovska L., Kryzhak L.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-067> 60

PRODUCTIVITY OF BUGAIERS OF DIFFERENT BREEDS AND THEIR MIXTURE AT AVERAGE LEVEL OF FEEDING IN CONDITIONS OF THE FOREST-STEP ZONE OF THE BUKOVYNA REGION

Kalynka A.K., Prylipko T.M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-068> 68

STUDY OF THE INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL, CHEMICAL AND PHYSICAL HAZARDOUS FACTORS IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF DAIRY PRODUCTS PRODUCTION

Prylipko T.M., Bukalova N. V., Bogatko N. M., Lyasota V.P.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-071> 72

IMPROVEMENT OF METHODS OF IDENTIFICATION OF MEAT TYPES

Prylipko T.M., Kostash V. B., Pidlisnyj V.V., Semenov A. M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-072> 78

METHOD OF OPERATIONAL QUALITY CONTROL OF MEAT RAW MATERIALS AND MEAT PRODUCTS

Prylipko T.M., Koval T.V.

Textile industries

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-041> 84

PRODUCTION TECHNOLOGY, QUALITY ASSESSMENT AND EXPERTISE OF FOOTWEAR

Kobyakov S.M.



Industrial engineering. Management engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-001> 91

PROTECTION OF SOFTWARE SYSTEMS FROM VIOLATION
OF PROGRAM CODE INTEGRITY

Krykunov D.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-048> 97

METHOD OF FORMING STEPPER MOTOR CONTROL SIGNALS
FOR IMPLEMENTATION OF SINUSOIDAL MOVEMENT

Kryvoruchko I.P., Vladimirsky A.A

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit26-01-063> 106

SOFTWARE ARCHITECTURE FOR SOLVING LARGE-SCALE
TRAVELING SALESMAN PROBLEMS

Bazylevych R. P., Kutelmakh R.K., Bhanu Prasad



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 87.25)

*Issue №25
Part 1
April 2023*

Development of the original layout - Sergeieva&Co

Signed: April 30, 2023

Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe
e-mail: editor@modern techno.de
site: www.modern techno.de

Articles published in the author's edition





www.moderntechno.de

e-mail: editor@moderntechno.de