

ISSN 2786-4588 (Print)
ISSN 2786-4596 (Online)

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

Технічні науки

Випуск 4



Видавничий дім
«Гельветика»
2021

ISSN 2786-4588 (Print)
ISSN 2786-4596 (Online)

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 3 від 03.11.2021 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 4. 92 с.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)

Свідцтво про державну реєстрацію: Серія KB № 24810-14750ПР від 31.05.2021 року.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Редакційна колегія:

Дзюндзя О.В. – доцент кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент – головний редактор; **Антоненко А.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу ПВНЗ «Київський університет культури», к.т.н., доцент; **Балихіна Г.А.** – провідний науковий співробітник відділення землеробства, меліорації та механізації апарату Президії НААН, к.т.н.; **Березовський Ю.В.** – доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., доцент; **Бровенко Т.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного і туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв, к.т.н., доцент; **Вороненко М.О.** – доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук Херсонського національного технічного університету, к.т.н., доцент; **Гончаренко А.В.** – професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден Національного авіаційного університету, д.т.н., професор; **Гонесенко В.** – проректор з наукової роботи, директор навчальної програми магістратури «Комп'ютерні системи» Університету прикладних наук ISMA, Dr.sc.ing., професор (Рига, Латвійська Республіка); **Горальчук А.Б.** – професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Харківського державного університету харчування та торгівлі, д.т.н., професор; **Димова Г.О.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н.; **Коваленко О.О.** – завідувач кафедри біоінженерії і води Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор; **Ковальчук П.І.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., професор; **Кузьмич Л.В.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., доцент; **Кузьміна Т.О.** – професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Лобода О.М.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент; **Марасанов В.В.** – член спеціалізованої Вченої ради ДФ 67.052.003 Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Матяш Т.В.** – старший науковий співробітник, завідувач відділу інформаційних технологій та маркетингу інновацій Інституту водних проблем і меліорації НААН, к.т.н.; **Отрош Ю.А.** – начальник кафедри пожежної, профілактики в населених пунктах факультету пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України, д.т.н., професор; **Пневматікос Н.** – доцент кафедри будівництва Університету Західної Аттики, к.т.н., доцент (Афіни, Греція); **Романенко Р.П.** – доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету, к.т.н.; **Степанчиков Д.М.** – доцент кафедри енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету, к.ф.-м.н., доцент; **Сурьянінов М.Г.** – завідувач кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор; **Ткаченко О.Б.** – професор, завідувачка кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., доцент; **Турченко В.О.** – професор кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування, д.т.н., доцент.

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

УДК 546.64.73

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.1>

CRYSTAL STRUCTURE OF K_3TiOF_5 COMPOUND

Zavodyannyi V.V. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor at the Department of Hydraulic Engineering
Kherson State Agrarian and Economic University
ORCID ID: 0000-0002-8224-8215

The object of research is the crystal structure of the K_3TiOF_5 compound. It is known from the literature that this material is ferroelectric. The dielectric constant of materials is very high. Therefore, this material can be used in capacitors, which are much smaller in dielectric size. Relatively recently, a number of materials with ferroelectric properties have been synthesized, including K_3TiOF_5 . The diffraction spectrum of the compound was taken by the powder method with the Bragg-Bertrand shooting geometry and is presented in the PDF-2 database for 2009 under the number 00-023-0506 indexed in the tetragonal system, with lattice periods $a=6,102^\circ A$, $c=8,655^\circ A$. To date, there is no complete information on the crystal structure of this compound.

The study used a 2009 PDF-2 database. And also, the HighScorePlus 3.0 program (Netherlands), which allows to refine the microstructural parameters of the structural model by the Rietveld method.

The diffraction spectrum for the study was generated using the HighScorePlus 3.0 program and the attached pdf-2 database for 2009 in UDF format.

As a result, it was found that the given diffraction spectrum of the compound under study can correspond to the following structural model: the diffraction spectrum of the K_3TiOF_5 compound is indexed in the tetragonal system with lattice periods $a = 6.086^\circ A$; $b = 6.086^\circ A$; $c = 8.675^\circ A$. The space group of symmetry $I41 (80)$ is possible:

- microstructural parameters $K1\ 8b\ x/a = 0.252\ (9)$, $y/b = 0.588\ (4)$, $z/c = 0.2\ (4)$;*
- position filling factor $0.5\ K2\ 8b\ x/a = 0.233\ (5)$, $y/b = 0.233\ (5)$, $z/c = 0.4\ (4)$;*
- position filling factor $1.0\ F1\ 8b\ x/a = -0.900\ (8)$, $y/b = 0.393\ (4)$, $z/c = 0.1\ (4)$;*
- position filling factor $1.0\ F2\ 8b\ x/a = 0.749\ (7)$, $y/b = 0.262\ (7)$, $z/c = 0.8\ (4)$;*
- position filling factor $1.0\ F3\ 8b\ x/a = 0.47\ (1)$, $y/b = 0.696\ (9)$, $z/c = -0.1\ (4)$;*
- position filling factor 0.5 ; $Ti1\ 8b\ x/a = 0.247\ (5)$, $y/b = 0.803\ (4)$, $z/c = 0.1\ (4)$;*
- position filling factor 0.5 ; $O1\ 8a\ x/a = 0.0$, $y/b = 0.0$, $z/c = 0.1\ (4)$;*
- position filling factor 1.0 ;*
- disagreement factor $R = 7.311\%$.*

Analyzing the results obtained, it can be assumed that the studied structure of the compound crystallizes in its own structural type.

The study of the crystal structure of a compound contributes to a better understanding of its physical properties, in particular, ferroelectric.

Key words: *X-ray structural analysis, Bragg-Bertrand survey geometry, Rietveld method, crystal structure, K_3TiOF_5 composition.*

Заводяний В.В. Кристалічна структура сполуки K_3TiOF_5

Об'єктом дослідження є кристалічна структура сполуки K_3TiOF_5 . З літературних даних відомо, що цей матеріал – сегнетоелектрик. Діелектрична проникність матеріалів дуже велика. Тому такий матеріал може бути використаний у конденсаторах, які значно менші за розмірами за діелектричні. Порівняно недавно було синтезовано низку матеріалів, що мають сегнетоелектричні властивості, до яких належить і K_3TiOF_5 . Дифракційний спектр сполуки, що знятий по методу порошку з геометрією зйомки Бреґ-Бертрانو, представлений у базі даних PDF-2 за 2009 рік під номером 00-023-0506, індексується в тетрагональній сингонії з періодами решітки $a=6,102^\circ\text{А}$, $c=8,655^\circ\text{А}$. Повні відомості про кристалічну структуру такої сполуки на даний час відсутні.

У ході дослідження використовувалася база даних PDF-2 за 2009 рік. А також програма HighScorePlus 3.0 (Нідерланди), яка дозволяє уточнювати мікроструктурні параметри структурної моделі методом Ритвельда.

Дифракційний спектр для дослідження генерували за допомогою програми HighScorePlus 3.0 та приєднаної до неї бази даних PDF-2 за 2009 р. у форматі UDF.

У результаті отримано, що цей дифракційний спектр досліджуваної сполуки може відповідати такій структурній моделі: дифракційний спектр сполуки K_3TiOF_5 індексується в тетрагональній сингонії з періодами решітки $a=6.086^\circ\text{А}$; $b=6.086^\circ\text{А}$; $c=8.675^\circ\text{А}$. Можлива просторова група симетрії $I41(80)$:

- мікроструктурні параметри $K1\ 8b\ x/a=0.252(9)$, $y/b=0.588(4)$, $z/c=0.2(4)$;
- коефіцієнт заповнення позицій $0.5\ K2\ 8b\ x/a=0.233(5)$, $y/b=0.233(5)$, $z/c=0.4(4)$;
- коефіцієнт заповнення позицій $1,0\ F1\ 8b\ x/a=-0.900(8)$, $y/b=0.393(4)$, $z/c=0.1(4)$;
- коефіцієнт заповнення позицій $1,0\ F2\ 8b\ x/a=0.749(7)$, $y/b=0.262(7)$, $z/c=0.8(4)$;
- коефіцієнт заповнення позицій $1,0\ F3\ 8b\ x/a=0.47(1)$, $y/b=0.696(9)$, $z/c=-0.1(4)$;
- коефіцієнт заповнення позицій $0,5$; $Ti1\ 8b\ x/a=0.247(5)$, $y/b=0.803(4)$, $z/c=0.1(4)$;
- коефіцієнт заповнення позицій $0,5$; $O1\ 8a\ x/a=0.0$, $y/b=0.0$, $z/c=0.1(4)$;
- коефіцієнт заповнення позицій $1,0$;
- фактор розбіжності $R=7,311\%$.

Аналізуючи отримані результати, можна припустити, що досліджувана структура з'єднання кристалізується у власному структурному типі.

Вивчення кристалічної структури сполуки сприяє кращому розумінню його фізичних властивостей, зокрема сегнетоелектричних.

Ключові слова: рентгеноструктурний аналіз, геометрія зйомки Бреґ-Бертран, метод Ритвельда, кристалічна структура, склад K_3TiOF_5 .

Introduction

Ferroelectric materials are used in variable capacitors. The dielectric constant of ferroelectric materials is not only tunable but also very high. Therefore, ferroelectric capacitors are much smaller in size and have a higher electrical capacity than dielectric capacitors. In comparison, a number of materials with ferroelectric properties have recently been synthesized, including K_3TiOF_5 [1]. Starting materials KF (Ventron, purity > 99.9%), oxides TiO_2 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , WO_3 (Cerac, 99,95%) pre-dried in vacuum at 473K for 20 hours. Oxyfluorides $TiOF_2$, NbO_2F , TaO_2F are obtained by the action of a 40% solution of hydrofluoric acid on the corresponding oxides in a Teflon bath, after complete evaporation of the solution in a sand bath at 373K. Residual solids are degassed in vacuum at a temperature of 473K. About 18 g of the mixture is weighed in stoichiometric proportions, ground in an agate mortar in an oven, then placed in a Biconical platinum 10% rhodium crucible. The compound is obtained in the following reaction $3KF+TiOF_2\rightarrow K_3TiOF_5$. After degassing in vacuum for 20 hours at 473K and then sealing in a dry oxygen atmosphere, the crucible is fired at a reaction temperature for 24 hours and then at a melting temperature of + 50K [1].

The object of research is the crystal structure of the K_3TiOF_5 compound.

PDF-2 database for 2009 contains indexed diffraction spectrum obtained for the K_3TiOF_5 compound. The crystal structure of this spectrum is unknown.

The aim and objectives of research

The aim of research is to propose a structural model for the diffraction spectrum of the K_3TiOF_5 compound under the number 00-023-0506 in the PDF-2 database for 2009.

To achieve this aim, it is necessary to solve the following objectives:

1. Determine the periods of the lattice and the crystal system in which the studied compound crystallizes.
2. Select the space group of symmetry and propose a structural model for the given spectrum of the compound.
3. Carry out the refinement of microstructural parameters for the selected model by the Rietveld method.

Solvothermal synthesis of K_3TiOF_5 was carried out in a stainless steel autoclave with a Teflon lining at reduced pressure. All reagents (KOH , $KF \cdot 2H_2O$, TiO_2 , Ti , NH_4HF_2 , H_2O_2) and methanol were analytically pure and used without further purification (purchased by Shanghai Chemical Reagent Company). The mixture is placed in a stoichiometric ratio in a teflon-lined stainless steel autoclave of milliliters, which is then filled with methanol to 80 times the total volume. The autoclave was quickly closed and heated at $200^\circ C$ for 24 or 36 hours and cooled naturally to room temperature. The precipitates were collected and washed with ethanol, distilled water, and dried in a vacuum at $60^\circ C$ for 2 hours [3].

Diffraction patterns were taken from the obtained sample by the powder method with the Bragg-Bertrand geometry. The diffraction spectrum corresponds to K_3TiOF_5 numbered 00-023-0506 in the PDF-2 database [2; 3], indexed in the tetragonal system, with lattice periods $a=6,102^\circ A$, $c=8,655^\circ A$.

The results of the analysis of the literature indicate that the crystal structure of the test compound is unknown. With its electrical properties it can be used as a ferroelectric.

Methods of research

The diffraction spectra of the compounds for the study were generated using HighScorePlus 3.0 and the attached PDF-2 database for 2009 in UDF format.

Analysis of the proposed structural model of this spectrum was performed using the program HighScorePlus 3.0 by the Rietveld method.

Research results

The diffraction spectrum of the compound K_3TiOF_5 is indexed in tetragonal syn-gony with lattice periods $a=6.086^\circ A$; $b=6.086^\circ A$; $c=8.675^\circ A$. Possible symmetry group $I41$ (80).

The correct system of points and their specified coordinates for this spectrum are presented in Table 1.

Table 1

**Microstructural parameters of K_3TiOF_5 for spectrum 00-023-0506
in PDF-2 database up to 2009**

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	U_{iso}^a
K1	8b	0.500000	0.252(9)	0.588(4)	0.2(4)	0(1)
K2	8b	1.000000	0.233(5)	0.233(5)	0.4(4)	5.8(4)
F1	8b	1.000000	-0.900(8)	0.393(4)	0.1(4)	10(1)
O1	4a	1.000000	0.000000	0.000000	0.1(4)	0(1)
F2	8b	1.000000	0.749(7)	0.262(7)	0.8(4)	0(1)
F3	8b	0.500000	0.47(1)	0.696(9)	-0.1(4)	0(2)
Ti1	8b	0.500000	0.247(5)	0.803(4)	0.1(4)	0(1)

Note: Wyck. – correct point system; s.o.f. – position filling factor with atoms; x, y, z – coordinates of atoms in the face of lattice periods ($x=X/a$; $y=Y/b$; $z=Z/c$); U_{iso} – temperature factor

The values of observed and calculated interplanar distances and integral intensities of the diffraction spectra are given in Table 2.

Table 2

**The values of interplanar distances and intensities are given in [2],
and calculated according to this model**

d_{cal} ($\text{\AA}^\circ$)	d_{obs} ($\text{\AA}^\circ$)	I_{cal}	I_{obs}	H	K	L
1	2	3	4	5	6	7
4.94655	4.94993	13.62	10.18	0	1	1
	4.31978		5.07			
4.27702	4.27999	6.24	5.11	1	1	0
3.04189		1.25		1	1	2
3.03006	3.02998	100.00	100.00	0	2	0
2.60241		0.75		0	1	3
2.58765		0.58		1	2	1
2.58765		1.10		2	1	1
2.48259	2.48098	14.95	20.18	0	2	2
2.16240	2.16201	14.37	15.10	0	0	4
2.14553	2.14599	26.43	30.39	2	2	0
1.97672	1.93400	0.30	5.12	1	2	3
1.97672		1.74		2	1	3
1.97024		1.13		0	3	1
1.93177		5.98		1	1	4
1.92271		0.89		2	2	2
1.91972		0.10		1	3	0
1.91972		0.89		3	1	0
1.76209		4.91		0	2	4
1.75521	1.75600	1.48	15.23	3	1	2
1.75521		8.14		0	1	5
1.66499	1.66301	1.08	5.06	0	3	3
1.65726	1.65299	0.62	5.15	2	3	1
1.65343		4.07		3	2	1
1.65343		0.63		2	2	4
1.52462	1.52501	8.86	15.18	0	4	0
1.51868	1.51800	8.66	10.14	1	2	5
1.46044		0.06		2	1	5
1.46044		0.33		2	3	3
1.45522	1.45400	0.50	5.10	3	2	3
1.45522		0.44		1	4	1
1.45263		0.87		4	1	1
1.45263		0.50		1	3	4
1.43702	1.43200	0.59	5.11	3	1	4
1.43702		0.53		0	4	2
1.43328		1.94		3	3	0

Table 2 (Continued)

1	2	3	4	5	6	7
1.43204		0.43		1	1	6
1.36835	1.36900	0.16	5.04	3	3	2
1.35979	1.35900	0.34	10.21	2	4	0
1.35873		1.15		4	2	0
1.35873		1.68		0	3	5
1.31656		0.23		1	4	3
1.31273		0.20		4	1	3
1.31273		1.35		0	2	6
1.30398		1.04		2	4	2
1.29657		0.09		4	2	2
1.29657		0.07		0	1	1

Disagreement factor R = 7.311%.

Table 3 shows the interatomic distances of the proposed structural model for the K_3TiOF_5 compound for spectrum 00-023-0506 in the PDF-2 database for 2009.

Table 3

Interatomic distances of the $3TiOF_5$ compound

Atom ¹	Atom ²	Distance, Å°
1	2	3
K1	- Ti1	1.343
	- F2	1.421
	- F1	1.558
	- F2	1.576
	- Ti1	2.130
	- F1	2.177
	- K2	2.235
	- F1	2.278
	- O1	2.300
	- F3	2.360
	- F3	2.479
	- K1	2.578
	- K2	2.661
	- Ti1	2.684
	- F1	2.800
	- O1	2.988
	- F3	3.018
	- F3	3.126
	- K1	3.206
	- K2	3.208
	- K1	3.246
	- F2	3.267
	- K2	3.357
	- K2	3.389

Table 3 (Continued)

1	2	3
K2	- F1	1.394
	- F3	1.787
	- O1	2.133
	- K2	2.176
	- F3	2.195
	- K1	2.235
	- F1	2.344
	- Ti1	2.634
	- K1	2.661
	- F1	2.682
	- O1	2.946
	- F2	2.973
	- F2	3.003
	- Ti1	3.011
	- F3	3.021
	- Ti1	3.116
	- O1	3.166
	- F1	3.170
	- K1	3.208
	- F2	3.219
	- F2	3.248
	- Ti1	3.260
	- F2	3.348
	- K1	3.357
	- K1	3.389
	- F3	3.399
	- F3	3.430
	- F2	3.458
	- Ti1	3.480
	- Ti1	3.494
F1	- K2	1.394
	- K1	1.558
	- F1	1.783
	- K1	2.177
	- O1	2.211
	- K1	2.278
	- K2	2.344
	- Ti1	2.425
	- O1	2.469
	- F2	2.509
	- F2	2.536

Table 3 (Continued)

1	2	3
	- Ti1	2.656
	- F2	2.679
	- K2	2.682
	- F2	2.771
	- K1	2.800
	- F1	2.808
	- F3	2.910
	- Ti1	3.016
	- F3	3.098
	- F3	3.106
	- K2	3.170
	- Ti1	3.182
	- Ti1	3.264
	- F3	3.324
	- Ti1	3.331
	- F3	3.355
O1	- Ti1	1.939
	- F3	1.994
	- K2	2.133
	- F1	2.211
	- K1	2.300
	- F2	2.302
	- F1	2.469
	- F2	2.569
	- K2	2.946
	- K1	2.988
	- Ti1	3.065
	- Ti1	3.098
	- F3	3.137
	- K2	3.166
F2	- Ti1	0.976
	- Ti1	1.274
	- K1	1.421
	- F3	1.519
	- K1	1.576
	- F3	1.958
	- F2	2.171
	- O1	2.302
	- F1	2.509
	- F1	2.536

Table 3 (Continued)

1	2	3
	- O1	2.569
	- F1	2.679
	- F1	2.771
	- K2	2.973
	- K2	3.003
	- Ti1	3.114
	- K2	3.219
	- K2	3.248
	- F3	3.252
	- K2	3.253
	- F3	3.263
	- K1	3.267
	- K2	3.348
	- Ti1	3.434
	- F3	3.438
	- K2	3.458
F3	- Ti1	1.184
	- F2	1.519
	- K2	1.787
	- F2	1.958
	- O1	1.994
	- K2	2.195
	- Ti1	2.259
	- K1	2.360
	- F3	2.415
	- K1	2.479
	- F1	2.910
	- F3	2.921
	- Ti1	2.970
	- K1	3.018
	- K2	3.021
	- F1	3.098
	- Ti1	3.099
	- F1	3.106
	- K1	3.126
	- O1	3.137
	- F2	3.252
	- F2	3.263
	- F3	3.269
	- F1	3.324
	- F1	3.355

Table 3 (Continued)

1	2	3
	- K2	3.399
	- K2	3.430
	- F2	3.438
Ti1	- F2	0.976
	- F3	1.184
	- F2	1.274
	- K1	1.343
	- O1	1.939
	- K1	2.130
	- Ti1	2.216
	- F3	2.259
	- F1	2.425
	- K2	2.634
	- F1	2.656
	- K1	2.684
	- F3	2.970
	- K2	3.011
	- F1	3.016
	- O1	3.065
	- O1	3.098
	- F3	3.099
	- F2	3.114
	- K2	3.116
	- F1	3.182
	- K2	3.260
	- F1	3.264
	- F1	3.331
	- F2	3.434
	- K2	3.480
	- K2	3.494

Fig. 1 shows diffraction patterns generated and calculated from the structural simulator for the $K_3\text{TiOF}$ compound.

Fig. 2 shows an image of the proposed model of the crystal structure of the investigated compound.

The space group of symmetry $I4_1$ (80) has a rotary axis of symmetry of the 2nd order parallel to 001, a helical axis of the 4th order with translation $1/3 c$ parallel to 001.

Also, partial filling of the correct systems of points in the structure under study may indicate that the stoichiometric composition of the compound may be slightly changed. So, the structure of the connection requires further investigation.

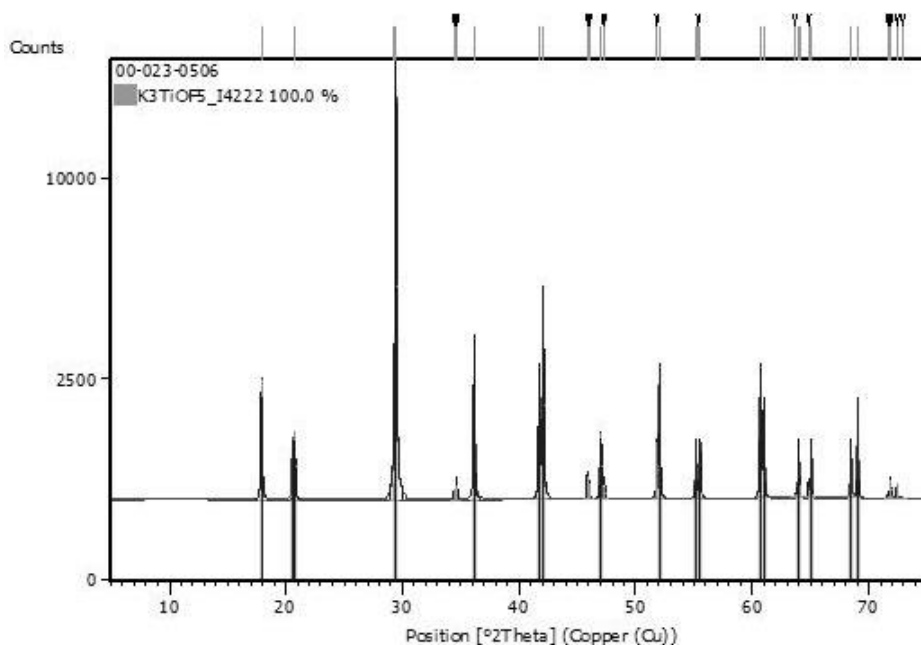


Fig. 1. The resulting X-ray diffraction pattern of the K_3TiOF_5 compound generated and calculated from the structural modeling

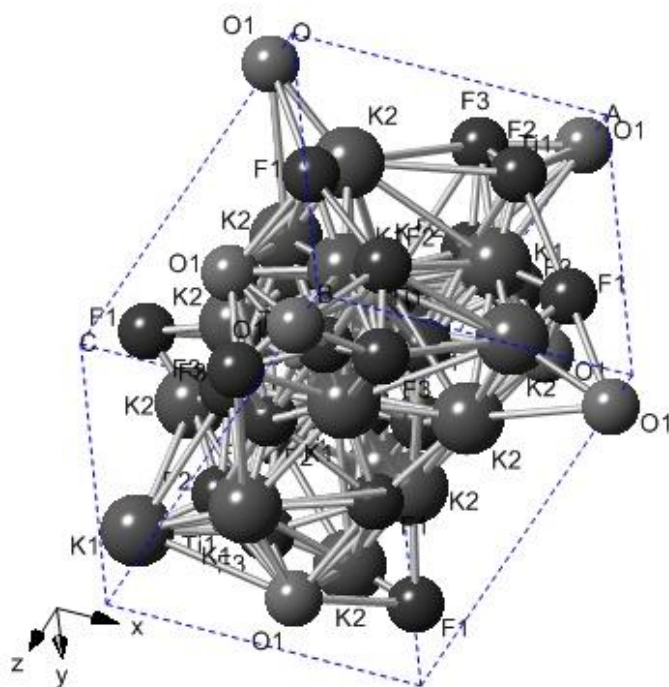


Fig. 2. Crystal structure of the K_3TiOF_5 compound for the investigated diffraction spectrum

Conclusions

1. Using the TREOR program, the diffraction spectrum of the K_3TiOF_5 compound is indexed in the tetragonal system with lattice periods $a=6.086 \text{ \AA}$; $b=6.086 \text{ \AA}$; $c=8.675 \text{ \AA}$.

The diffraction spectrum of the β -phase (compound 00-049-0903) is indexed in the orthorhombic system with lattice periods $a=8.668(7) \text{ \AA}$; $b=8.677(8) \text{ \AA}$; $c=8.685(7) \text{ \AA}$.

2. The space group of symmetry $I41 (80)$ is possible and proposed for the calculation of the structural model.

3. Using the HighScorePlus 3.0 software, the parameters of the structural model of the compound under study were refined by the Rietveld method. Microstructural parameters are given in Table 1.

REFERENCES:

1. M.A. Fouad, J.P. Chaminade, J. Ravez, and A. Sadel. Ferroelastic domain study in crystals with formula K_3TiOF_5 , $K_3MO_2F_4$ and $K_3M'O_3F_3$ ($M= Nb, Ta$; $M'= Mo, W$). In *Advanced Materials Research*. 1994. V. 1, p. 469–478. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1-2.469>.

2. PDF-2 data bases for 2009. URL: <https://www.icdd.com/pdf-2/>.

3. Jie Sheng, Kaibin Tang, Wei Cheng, Junli Wang, Yanxiang Nie, and Qing Yang. Controllable solvothermal synthesis and photocatalytic properties of complex (oxy)uorides K_2TiOF_4 , K_3TiOF_5 , $K_7Ti_4O_4F_7$ and K_2TiF_6 . *Journal of Hazardous Materials*. 2009. V. 171. No. 13. P. 279–287. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.141>.

УДК 004.56

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.2>

ЩОДО ФОРМУВАННЯ МАСИВУ ДАНИХ НА БАЗІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ У СФЕРІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Козак Є.Б. – магістр у галузі комп'ютерних наук,
розробник програмного забезпечення, інженер-програміст GAN Inc.
ORCID ID: 0000-0002-8342-2609

У статті досліджено принципи формування масиву даних на базі нейронної мережі у сфері Інтернету речей. Зазначається, що Інтернет речей генерує величезну кількість неструктурованих даних, і аналітика великих даних є ключовим аспектом. Концепція Інтернету речей являє особливу цінність для розвитку бізнесу завдяки даним, які можуть бути отримані від підключених елементів. Сформовано дві теореми, які сприяють розкриттю принципу обміну знаннями, які можна взяти із взаємодії людина–комп'ютер. Наголошено, що присвоєння імені суб'єкту господарювання повинне включати у себе слова мовою людини, а не абрєвіатури, коди або двійкове відображення, що можуть інтерпретувати лише машини, незважаючи на те, що останні технічно ефективніші з точки зору простору для зберігання даних або пропускної здатності мережі. Розкрито принципи теорії верифікаціонізму та описано шляхи адаптації структури масиву даних. Схематично запропоновано структуру машинних знань, яку представлено щодо формування масиву даних на базі нейронної мережі у сфері Інтернету речей. Описана структура має три бази знань: гіпотезу, онтологію та параметри. Підкреслено, що запропонована інтелектуальна база масиву даних може бути застосована до різних галузей Інтернету речей щодо автономного обміну та накопичення знань, а платформа, своєю чергою, може використовувати онтології для інтеграції пристроїв IoT з інтелектуальними системами. Описано переваги та недоліки моделі. Так, зазначено, що перевагою цієї моделі є те, що датчики Інтернету речей у хмарі можуть навчатися у віддалених датчиків у фоновому режимі, незалежно від затримки мережі, що підключається до віддаленої програми, а недоліком є те, що затримка мережі може стати вузьким місцем, коли потреба у прийнятті рішень у режимі реального часу зростає. Наголошено, що реалізація описаного алгоритму формування масиву даних, а також відповідної інтелектуальної середовища дозволить зменшити поріг входження розробників у сферу рішення задач за допомогою нейронної мережі.

Ключові слова: масив даних, штучний інтелект, нейронна мережа, Інтернет речей, сенсор, датчик, інтелектуальна система.

Kozak Ye.B. Regarding the formation of a data set based on a neural network in the field of the Internet of Things

The article investigates the principles of data formation on the basis of a neural network in the field of the Internet of Things. It is noted that the Internet of Things generates a huge amount of unstructured data, and big data analytics is a key aspect. The concept of the Internet of Things is of particular value to business development due to the data that can be obtained from the connected elements. There are two theorems that help to reveal the principle of knowledge exchange, which can be taken from the human-computer interaction. It is emphasized that the assignment of a business entity's name should include words in human language and not abbreviations, codes or binaries that can only be interpreted by machines, although the latter are more technically efficient in terms of storage space or bandwidth network. The principles of the theory of verificationism are revealed and the ways of adapting the structure of the data set are described. The structure of machine knowledge is schematically offered, which is presented in relation to the formation of a data set based on a neural network in the field of the Internet of Things. The described structure has three knowledge bases: hypothesis, ontology and parameters. It is emphasized that the proposed intelligent database can be applied to various areas of the Internet of Things for autonomous exchange and accumulation of knowledge, and the platform, in turn, can use ontologies to integrate IoT devices with intelligent systems. The advantages and disadvantages of the model are described, so it is stated that the advantage of this model is that the sensors of the Internet of Things in the cloud can learn from remote sensors in the background, regardless of the network delay connected to the remote program, can become a bottleneck when the need

for real-time decision-making grows. It is emphasized that the implementation of the described algorithm for forming an array of data, as well as the corresponding intelligent environment, will reduce the threshold for developers to enter the field of problem solving using a neural network.

Key words: data array, artificial intelligence, neural network, Internet of Things, sensor, intelligent system.

Постановка проблеми. Незважаючи на поширеність пристроїв Інтернету речей (IoT), недостатність машин для адаптивного навчання стає перешкодою для поширення інтелектуальних систем IoT. Натепер не вистачає досліджень щодо принципу формування масиву даних у сфері Інтернету речей, яким машини можуть автономно ділитися, коли дані надходять з різних галузей або тематичних досліджень. Таким чином, питання, як машини можуть автономно обмінюватися знаннями з масиву даних, створювати нові знання та адаптивно вчитися на основі цих знань, щоб вони могли стати застосовними у різних сферах чи тематичних дослідженнях, є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню розвитку, реалізації та впровадження Інтернету речей у всі сфери життя сучасного людства приділяється чимало уваги як вітчизняними, так і зарубіжними вченими. Зокрема, А. Семеног [1] здійснив аналіз основних технологій, що застосовуються в умовах формування цифрової економіки, визначив їх сутність, види та способи практичного застосування. Дослідив властивості, потенційні переваги та ризики блокчейн-технології, навів приклади компаній, що його використовують. Визначив основні елементи та ієрархію Інтернету речей.

Перспективи розвитку Інтернету речей та промислового Інтернету речей навели І. Сотник та К. Завражний [2]. Авторами доведено, що погіршення інформаційної безпеки діяльності підприємств та організацій є однією з важливих проблем, що супроводжують розбудову промислового Інтернету речей.

Н. Аксак [3] розкрила методи та моделі розподіленої інтелектуальної обробки великих даних у спеціалізованих комп'ютерних системах. У [4] описуються базові проривні технології сучасного етапу розвитку суспільства: штучний інтелект, Інтернет речей, адитивні технології з використанням 3D-принтера, віртуальна і доповнена реальність, нові матеріали, «хмарні» технології та ін. Аналізуються можливі позитивні й негативні ефекти впровадження згаданих проривних технологій.

К. Балаклеєць та А. Квітка [5] увагу приділили актуальності технологічних трендів, які сейсмично впливають на економіку, цінності, ідентичність і можливість для майбутніх поколінь.

Із зарубіжних авторів варто відзначити роботи таких науковців, як: Zhang, Weiping & Kumar, Mohit & Liu, Jingqing [6], Cui, Dan & Liu, Fei [7], Xiao, Han & Li, Yuanjiang [8], Changsheng Xiang, ZiYing Zhou [9], Han Xiao, Yuanjiang Li [10], Ren Fang, Ma Jian-Feng [11], Naveen, Dr & Raina, Rohini [12], Li Xinwu [13] та інші.

Проте з огляду на описані наукові набутки за темою питання розкриття принципів формування масиву даних на базі нейронної мережі у сфері Інтернету речей залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. Мета – дослідити принципи формування масиву даних на базі нейронної мережі у сфері Інтернету речей.

Викладення основного матеріалу дослідження. Дослідження, які використовували аналітику великих даних для вирішення проблем IoT, використовуючи методи машинного навчання, можна об'єднати в чотири сфери, такі як: розумне місто, виробництво (тобто сільське господарство та промислове виробництво), управління будівництвом та охорона здоров'я.

Домен розумних міст зацікавлений у створенні ефективної та комфортної повсякденної діяльності. Деякі приклади включають забезпечення оптимального маршруту руху транспорту, прогнозування схеми заповнення сміттєвих баків для збору, рекомендування товару на основі свого місцезнаходження та прогнозування споживання енергії в розумних лічильниках. У разі прогнозування енергії допоміжні векторні машини були використані для аналізу минулого споживання енергії та даних про навколишнє середовище будівлі, таких як температура і вологість, що призвело до прогнозованого споживання енергії з різницею 1,7 кВт-год між фактичним та прогнозованим споживанням у часовому вікні.

У галузі виробничого землеробства в [14] автори запропонували виявити симптоми кульгавості у молочних корів. Хворі корови впливають на виробництво молока, симптоми хвороби зазвичай проявляються через неактивну поведінку, наприклад, лежачи протягом тривалого часу. Таким чином, датчики IoT були розміщені на коровах для збору даних про їхню активність, таких як час лежання та кількість кроків. Методи машинного навчання виявили три типи поведінки, такі як активна, нормальна та спляча у корів. Випадковий відбір дав точність 91 відсоток, виявлений за 1 день до того, як можна спостерігати деякі візуальні ознаки; і k-найближчих сусідів дав точність 81%, виявлену за 3 дні до того, як їхні симптоми були помітні через візуальні ознаки.

У сфері виробництва технічне обслуговування машин має велике значення для мінімізації перебоїв у виробництві через несправності двигунів. Таким чином, дослідження [15] запропонувало механізм, де було здійснено розміщення 3-осьових акселерометрів на заводських двигунах для збору даних про вібрацію, таких як амплітуда та частота двигунів. За допомогою нейронних мереж удалося зі 100% точністю визначити несправності в нормальних рухових станах із рівнем довіри від 80 до 99 відсотків.

Управління будівлями можна розглядати як домен, що з'єднує розумне місто та виробничий домен, оскільки їх рішення можуть бути застосовані до обох доменів. Дослідження [16] передбачало рівень заповнюваності будівлі, спостерігаючи за температурою, CO₂, об'ємом повітря та даними про кондиціонер. Випадковий відбір був використаний для класифікації даних і дав 95% точність у прогнозуванні рівня заповнюваності кімнат у будівлі.

Домен здоров'я може бути найбільш поширеним додатком, оскільки пристрої IoT приєднані до приватних осіб. Додатки прогнозують рівень цукру для лікування діабету, оцінюють рівень теплового комфорту на робочому місці та виявляють випадки падіння людини вдома. Також глибоке навчання використовують для виявлення таких випадків амбулації, як ненормальний режим ходьби, звички сну та відвідування туалету. Додаток пропонує рішення в режимі реального часу для виявлення аномальних ризиків для здоров'я за допомогою таких пристроїв, що збирають дані про частоту серцебиття, частоту дихання тощо, і дало точність 94%. Таке рішення можна розглядати як додаток для розумного будинку, оскільки воно також сприяє підвищенню ефективності щоденної діяльності (наприклад, забезпечення кіберопікуна для людей похилого віку).

Те, як людина може взаємодіяти з вебсайтами, може показати, як машини повинні взаємодіяти з іншими машинами. Найважливішою властивістю вебсайту є те, що його презентація може бути зрозумілою людям. Користувачі можуть семантично орієнтуватися на вебсайтах для досягнення цілей, необхідних для виконання завдання. Вебсайти складаються зі слів мовою, яка зрозуміла користувачам. Крім того, макети вебсайтів розташовані у значущій структурі, що відображає їх

«інформаційний нахил», отже, користувачі можуть природним чином орієнтуватися, щоб знайти інформацію, яку шукають.

Є дві характеристики обміну знаннями, які можна взяти із взаємодії людина–комп'ютер:

Теорема 1. Іменування сутності (тобто об'єкта, властивостей, відносин та послуг) повинне використовувати слова, зрозумілі людині.

Теорема 2. Інформація повинна бути упорядкована семантично таким чином, щоб вона дозволяла людині отримувати значення, дотримуючись її структури.

Присвоєння імені суб'єкту господарювання повинне використовувати слова людською мовою, а не абревіатури, коди або двійкове відображення, що можуть інтерпретувати лише машини, незважаючи на те, що останні технічно ефективніші з точки зору простору для зберігання даних або пропускну здатності мережі.

В організації інформації семантично використання онтологій є самою моделлю. Це дозволяє людям отримувати інформацію на основі семантичних запитів.

Філософія знання, або гносеологія, забезпечує розподіл того, як людина отримує знання. Основоположним у цій галузі є «апріорне» та «апостеріорне» знання. Апріорі отримується за допомогою таких визначень, як класифікація: яблука – це фрукти. А апостеріор отримують завдяки досвіду та спостереженням, наприклад, яблука червоні.

Відхилення від наведеного вище визначення також використовуються для опису ідей та людського розуміння. Апріорі та апостеріорний опис знань паралельні первинній та вторинній якості в розумінні людиною. Первинна якість включає властивості об'єкта, незалежні від спостерігача, наприклад яблуко має вагу, розмір і колір. Вторинна якість відноситься до деяких властивостей об'єкта, за словами спостерігача, наприклад яблука червоні.

Первинні знання вбудовані в онтології, такі як визначення «Якщо ґрунт вологий, то врожай процвітає».

Вторинні знання отримані з датчиків IoT, таких як «ґрунт сухий».

Отримані знання формуються після висновків, припускаючи, що ще служить показником для процвітання врожаю, наприклад сонячне світло та добрива.

Вторинні знання можуть стати первинними знаннями, коли якість, яку вони описують, можна узагальнити. Подібним чином, коли винахідницьке знання (наприклад, гіпотеза) було науково доведено, описувані ним параметри стають вторинними знаннями. Це узгоджується з теорією верифікаціонізму [17], яка служить основою для запропонованої системи машинних знань щодо формування масиву даних.

Структура адаптована з теорії верифікаціонізму, яка забезпечує розбивку наукових методів. Це школа думок, де знання отримуються в результаті експериментально перевірених спостережень. Оскільки суспільство розвивалося шляхом цього наукового шляху, його рамки для отримання знань за допомогою спостережень можна запозичити для проєктування автономних машин для навчання. Структура машинних знань, запропонована щодо формування масиву даних, показана на рисунку 1.

Структура описує, як датчики Інтернету речей можуть автономно обмінюватися знаннями з іншими датчиками. Вона складається з трьох баз даних, а саме бази даних Онтологія, Параметри та Гіпотези. Під час надсилання даних з баз даних датчиків Інтернету речей, послуги позначають відповідно до первинного, вторинного або винайденого рівня знань. Датчики Інтернету речей обмінюються знаннями шляхом реклами та пошуку послуг з іншими датчиками Інтернету речей.

База даних Онтологія містить правила виведення. Вона бере правила або безпосередньо з інших датчиків Інтернету речей як Первинне знання, або з усталеного визначення онтології, або з її бази даних параметрів.

База даних Параметрів містить пари даних ім'я–значення. Вона приймає значення або з пристроїв Інтернету речей як вторинні знання, або зі своєї бази даних гіпотез. Вторинні знання можуть стати первинними знаннями після перевірки правил у базі даних шляхом певного індуктивного навчання. Для індуктивного навчання можна використовувати сімейство таких методів машинного навчання, як вивчення правил, класифікація та байєсівський висновок.

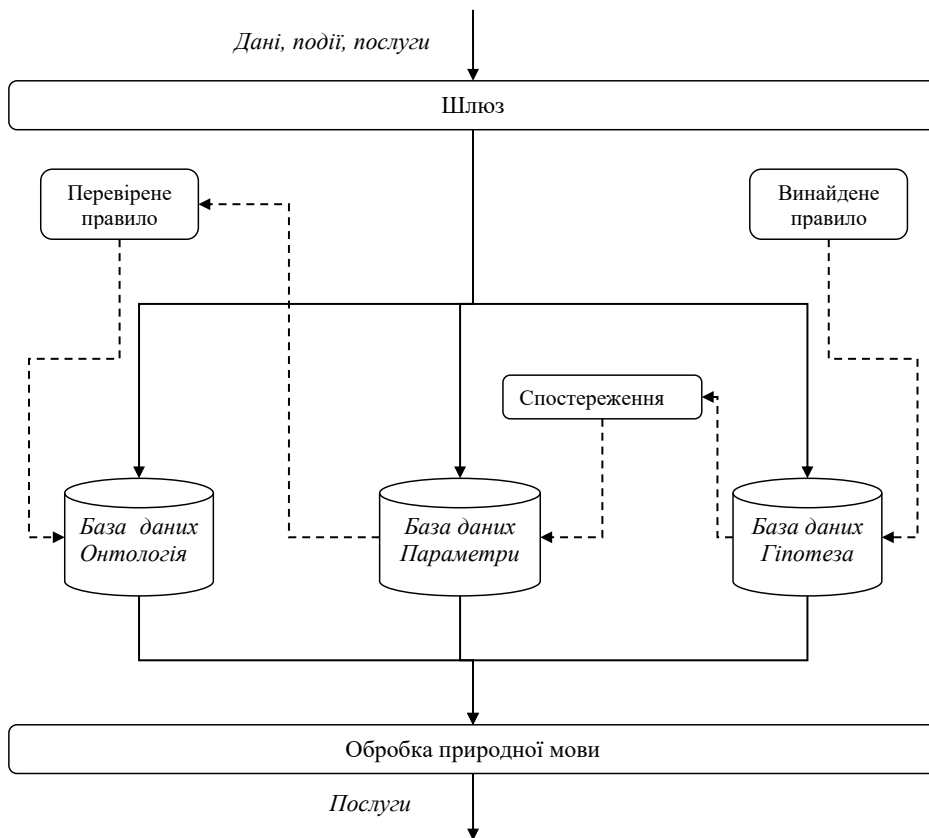


Рис. 1. Структура машинних знань, запропонована щодо формування масиву даних

База даних Гіпотез містить неперевірені правила виведення. Вона бере правила або безпосередньо з інших датчиків Інтернету речей, як Винайдені знання, або з будь-якого визначення Онтології, або з його бази даних Онтології. Винайдені знання можуть стати вторинними знаннями після деяких спостережень за тим, що значення збіглися до розподілу чи шаблону. Для спостереження за розподілом даних можна використовувати статистику.

База даних Гіпотези також навчається з бази даних Онтологія. Первинні знання з бази даних Онтології можуть стати винайденими знаннями після створення правил за допомогою методів викрадення. Наприклад, даючи правило «яблука

червоні», правило намагається зробити висновок, чи є об'єкт «яблуком», коли спостерігається «червоне». У цій системі викрадення спрацьовує, коли спостережувана величина (тобто червона) не дає результату класу (тобто яблуко).

Створюючи правила, система реалізує дві теореми, обговорені раніше. По-перше, вона використовує обробку природної мови для розуміння людської мови. Природна мова може знаходити синоніми, омоніми та категорії слова. У «яблука червоні» природна мова виявляє, що «червоний» – це колір, а «яблуко» – іменник. Тому вона прагне знайти інші іменники, тому створює правило, таке як «(іменник) червоного кольору». Використання природної мови у цьому процесі реалізує теорему 1.

По-друге, платформа обмінюється онтологіями з іншими датчиками Інтернету речей. Онтології побудовані таким чином, щоб правила умовиводу були зрозумілі людям. Хоча датчики Інтернету речей – машини, структура онтологій повинна передавати значення.

Запропонована інтелектуальна база масиву даних може бути застосована до різних галузей Інтернету речей (тобто розумний будинок, фермерство, розумне місто та охорона здоров'я) для автономного обміну та накопичення знань. Однак запропонована структура не стосується того, як пристрої IoT можуть адаптивно навчатися в обмеженому середовищі.

Платформа може використовувати онтології для інтеграції пристроїв IoT з інтелектуальними системами. Вибір будь-якої моделі передбачає оцінку того, наскільки критичним є додаток. Наприклад, розглядаючи правильну модель для віддаленого, критично важливого додатка, можна прийняти наявність ресурсів у хмарі за умови, що вимоги до затримки мережі та доступності мережі оптимізовані для віддаленої програми. Перевагою цієї моделі є те, що датчики Інтернету речей у хмарі можуть навчатися у віддалених датчиків у фоновому режимі, незалежно від затримки мережі, що підключається до віддаленої програми. Недоліком є те, що затримка мережі може стати вузьким місцем, коли потреба у прийнятті рішень у режимі реального часу зростає.

Структура усуває поточний розрив у повторному використанні онтологій у різних сферах, вимагаючи використання людської мови для іменування сутностей та відносин.

Незважаючи на те, що система вирішує поточну проблему повторного використання онтологій, вона приймає недосконале визначення інтелектуальних систем. Розумні об'єкти, наведені в тематичному дослідженні, знають і реагують на зміни у своєму середовищі, активно приймають рішення та демонструють комунікабельність з іншими розумними об'єктами, а також допомагають іншим. На додаток до цього сильний штучний інтелект включає прояв емоцій та бажання, формування особистого характеру, коли потрапляє в різні ситуації. Проте мало дискусій щодо того, чи повинні системи IoT демонструвати сильний характер штучного інтелекту, чи це може призвести до контрпродуктивності. Отже, цілісні рамки пропонують нові уявлення про інтелектуальні системи IoT.

Зближення IoT та масштабної аналітики даних створило величезні можливості. Машинний інтелект, заснований на даних IoT, об'єднав кібер- і фізичний світ разом і значно покращився для дослідження реальних проблем з кіберфізичної точки зору. Ефективність та надійність процесів та систем значно покращились. Тепер системні оператори мають кращий моніторинг та контроль над своїми системами та процесами, а люди з бізнес-аналітики краще розуміють свої виклики та приймають обґрунтовані рішення. Хоча зближення машинного інтелекту

та Інтернету речей відкрило багато можливостей, є кілька проблем, які стримують їх зростання.

Для вдосконалення процесу прийняття рішень алгоритми машинного навчання значною мірою покладаються на дані IoT, що генеруються та передаються з пристроїв IoT. У рамках IoT різні рівні IoT, наприклад, рівень сприйняття, транспортний рівень та рівень додатків, є вразливими до кібератак. Наприклад, введення зловмисного коду, фальсифікація вузлів, видавання себе за іншу особу, атаки відмови в обслуговуванні, атаки маршрутизації та атаки транзиту даних – ось деякі з прикладів кібератак у моделі системи IoT. Щоб захистити систему IoT від цих кіберзагроз, важливо забезпечити належну систему управління довірою. Самі пристрої IoT вимагають належної уваги, оскільки більшість пристроїв не мають належних механізмів захисту.

По-перше, користувачі можуть будь-коли додати рішення безпеки у традиційному IT-сценарії; однак більшість пристроїв IoT не мають рішень безпеки, а інші мають вбудовані рішення безпеки, і більшість пристроїв не підтримують додаткові виправлення безпеки, рішення чи оновлення пізніше, після виробництва пристроїв.

По-друге, через низьку пам'ять та обмеження обробки використовуються лише полегшені алгоритми.

По-третє, у середовищі IoT використовується широкий спектр пристроїв. Через цю неоднорідну природу ризик безпеки збільшується за рахунок інтеграції пристроїв різних типів, технологій та постачальників.

По-четверте, рівень додатків IoT страждає від питань конфіденційності. Витік даних та прослуховування даних можуть мати потенційні наслідки. По-п'яте, протоколи зв'язку IoT також вразливі до кібератак та загроз, включаючи атаки транзиту даних, маршрутизацію та DoS-атаки, проблеми в управлінні ключами, високу обчислювальну вартість та відсутність контролю користувача щодо конфіденційності.

Програми IoT вимагатимуть більш швидкої обробки та прийняття рішень, що призведе до наближення обробки даних до споживача. Надсилання даних у хмару вимагає часу та великої пропускну здатності. Тому аналітика на крайньому вузлі IoT відкрила можливість для майбутніх впливів.

Однією з причин цієї тенденції є те, що використання датчиків широко розповсюджується у багатьох сферах життя та бізнесу, таких як транспортні засоби, виробництво та охорона здоров'я, створюючи безперервні потоки даних. Така велика кількість даних стає сировиною для підприємств та урядів для отримання уявлень та нових знань, використовуючи техніки машинного навчання. Мотивація включає конкуренцію або створення кращих політик, викладених у разі, коли даних досить, що породжує актуальність отримання знань із даних.

Іншим рушієм є зближення між IoT та критичною інфраструктурою через їхній попит на критично важливі програми. Дані обробляються ближче до споживача, коли критична низька затримка. Сучасна тенденція полягає в тому, що тривіальні програми, як правило, стають критичними або можуть бути перероблені для підтримки критичних програм.

Проблема проти цієї тенденції полягає в тому, що крайні пристрої (наприклад, мобільні пристрої), як правило, мають нижчі обчислювальні можливості, ніж хмарний центр обробки даних. З іншого боку, аналіз даних машинного навчання вимагає високої обчислювальної потужності та зберігання. У цьому контексті запропонована система машинного навчання в середовищі IoT може вирішити

цю проблему. Її майбутня робота може включати вивчення федерації крайових пристроїв, що обмінюються своїми знаннями. Крайовий пристрій, обладнаний найвищою обчислювальною продуктивністю, може виконувати завдання обробки даних. Крайовий пристрій, який має найбільшу пропускну здатність, може спілкуватися з хмарою, щоб розвантажити свої обчислювальні завдання.

Технології IoT дозволили платформі спілкуватися між великою кількістю пов'язаних датчиків та сенсорів. Коли критично важливі програми та кінцеві користувачі потребують великої кількості взаємозв'язків, масштабованість стає проблемою, яку необхідно вирішити. Наприклад, великі обсяги даних потрібно розподілити на декілька кінцевих пристроїв, де пристрої одночасно вирішують обчислювальні проблеми. Отже, розподілені алгоритми машинного навчання з крайовими обчисленнями – потенційне рішення. Це дозволяє приймати обчислювальні рішення на краю, який знаходиться ближче до пристроїв IoT.

Прогрес у дослідженні людської мови сприятиме покращенню виконання завдань машинного навчання у розподіленій системі. Людська мова ставить контекст за значеннями даних, дозволяючи підключеним пристроям IoT спільно призначати мітки своїм даним, вивчати знання з інших пристроїв, представляючи тим самим розподілене машинне навчання для вирішення обчислювальних задач.

В умовах гіперконвергенції сховища спільно використовуються між великою кількістю розподілених вузлів, і їхня сукупна продуктивність допомагає вирішити проблему спільного використання ресурсів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У роботі досліджено принципи формування масиву даних на базі нейронної мережі у сфері Інтернету речей. Пристрої IoT обмежені в обчислювальних та комунікаційних ресурсах, що є вузьким місцем у розробці адаптивних інтелектуальних рішень, що використовують техніки машинного навчання. Формування масиву даних на базі нейронної мережі ґрунтується на врахуванні семантики завдань, які вирішуються, що дозволяє зробити рішення цих задач більш структурованими та прозорими для користувача, а також дозволить вносити додаткові коректування в процес навчання нейронної мережі та рішення задач. Реалізація описаного алгоритму формування масиву даних, а також відповідної інтелектуальної середовища дозволить зменшити поріг входу розробників у сферу рішення задач за допомогою нейронної мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Семенов А.Ю. Цифрові технології в умовах формування цифрової економіки. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»*. Острого: Вид-во НаУОА, 2020. № 19(47). С. 20–28.
2. Сотник І.М., Завражний К.Ю. Підходи до забезпечення інформаційної безпеки промислового Інтернету речей на підприємстві. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2017. № 3. С. 177–186. DOI: 10.21272/mmi.2017.3-17.
3. Аксак Н.Г. Методи та моделі розподіленої інтелектуальної обробки великих даних у спеціалізованих комп'ютерних системах : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.05 «Комп'ютерні системи та компоненти». М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. Харків, 2019. 44 с.
4. Проривні технології в економіці і бізнесі (досвід ЄС та практика України у світлі III, IV і V промислових революцій) : навчальний посібник / за ред. Л.Г. Мельника та Б.Л. Ковальова. Суми : Сумський державний університет, 2020. 180 с.
5. Balakleiets K., Kvitka A. Європейські тренди в інноваційному підприємстві. URL: 2019. https://www.researchgate.net/publication/333609483_Evropejski_trendi_v_innovacijnomu_pidpriemnictvi (дата звернення: 10.01.2021).

6. Zhang W., Kumar M., Liu J. Multi-parameter online measurement IoT system based on BP neural network algorithm. *Neural Computing and Applications*. 2019. Vol. 31. No. 12. P. 8147–8155. DOI: 10.1007/s00521-018-3856-8.
7. Cui Dan, Liu Fei. The Application of BP Neural Network in Internet of Things. *Advanced Engineering Forum*. 2012. Vol. 6–7. P. 1098–1102. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AEF.6-7.1098.
8. Xiao Han, Li, Yuanjiang. A New Thought based on the Service Composition of Automatic Transmission Semantic Grid in Internet of Things. *International Journal of Advancements in Computing Technology*. 2011. Vol. 3. P. 10–16. DOI: 10.4156/ijact.vol3.issue7.2.
9. Changsheng X., ZiYing Z. A New Music Classification Method based on BP Neural Network. *JDCTA*. 2011. Vol. 5. No. 6. P. 85–94.
10. Han Xiao, Yuanjiang Li. A New Thought based on the Service Composition of Automatic Transmission Semantic Grid in Internet of Things. *IJACT*. 2011. Vol. 3, No. 7. P. 10–16.
11. Ren Fang, Ma Jian-Feng. Attribute-Based Access Control Mechanism for Perceptive Layer of the Internet of Things. *JDCTA*. 2011. Vol. 5. No. 10. P. 396–403.
12. Naveen Dr, Raina Rohini. Machine learning in Internet of Thing. 2018. URL: https://www.researchgate.net/publication/322209934_MACHINE_LEARNING_IN_INTERNET_OF_THING (дата звернення: 06.01.2021).
13. Li Xinwu. A New Color Correction Model for based on BP Neural Network. *AISS*. 2011. Vol. 3. No. 5. P. 72–78.
14. Штучний інтелект зможе попереджати хвороби корів. 2018. URL: <http://milkua.info/uk/post/stucnij-intelekt-zmoze-poperedzati-hvorobi-koriv> (дата звернення : 06.08.2021).
15. Олійник П.Б. Розробка бездротового датчика вібрації на основі MEMS акселерометра. URL: <https://media.neliti.com/media/publications/306711-development-of-wireless-vibration-transd-e11dbf9c.pdf> (дата звернення: 06.08.2021).
16. Мокін В.Б., Собко Б.Ю., Дратований М.В., Крижановський Є.М., & Горячев Г.В. Створення інформаційної системи моніторингу забруднення атмосферного повітря міста на основі технології «Інтернет речей». *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2017. № 3, с. 49–58.
17. Методологія та організація наукових досліджень : навчальний посібник / І.С. Добронравова, О.В. Руденко, Л.І. Сидоренко та ін. ; за ред. І.С. Добронравової (ч. 1), О.В. Руденко (ч. 2). Київ. : ВПЦ «Київський університет», 2018. 607 с.

REFERENCES:

1. Semenoh, A.Yu. (2020). Tsyfrovi tekhnolohii v umovakh formuvannia tsyfrovoy ekonomiky [Digital technologies in the conditions of formation of digital economy]. *Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu "Ostrozka akademiia". Seriya "Ekonomika"*, 19(47), 20–28 [in Ukrainian].
2. Sotnyk, I.M., Zavrazhnyi, K.Iu. (2017). Pidkhody do zabezpechennia informatsiinoi bezpeky promyslovoho Internetu rechei na pidpriemstvi [Approaches to information security of the industrial Internet of Things at the enterprise]. *Marketynh i menedzhment innovatsii*, 3, 177–186. DOI: 10.21272/mmi.2017.3-17 [in Ukrainian].
3. Aksak, N.H. (2019). Metody ta modeli rozpodilenoї intelektualnoї obrobky velykykh danykh u spetsializovanykh kompiuternykh systemakh [Methods and models of distributed intelligent processing of large data in specialized computer systems] abstract of the dissertation of the doctor of technical sciences: 05.13.05 "Computer systems and components". Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv. Nat. University of Radio Electronics. Kharkiv, 44 p. [in Ukrainian].
4. Melnik, L.G., Kovalev, B.L. ed. (2020). Proryvni tekhnolohii v ekonomitsi i biznesi (dosvid YeS ta praktyka Ukrainy u svitli III, IV i V promyslovykh revoliutsii) [Breakthrough technologies in economics and business (EU experience and practice

of Ukraine in the light of III, IV and V industrial revolutions)): textbook. Sumy: Sumy State University, 180 p. [in Ukrainian].

5. Balakleiets, K., Kvitka, A. (2019). Yevropeiski trendy v innovatsiinomu pidpriemnytstvi [European trends in innovative entrepreneurship]. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/333609483_Evropski_trendi_v_innovatsiinomu_pidpriemnytstvi (Last accessed: 10 January 2021) [in Ukrainian].

6. Zhang, W., Kumar, M., & Liu, J. (2019). Multi-parameter online measurement IoT system based on BP neural network algorithm. *Neural Computing and Applications*, 31(12), 8147–8155.

7. Cui, D.D., & Liu, F. (2012). The application of BP neural network in Internet of Things. In *Advanced Engineering Forum*. Vol. 6, pp. 1098–1102. Trans Tech Publications Ltd.

8. Xiao, H., & Li, Y. (2011). A New Thought based on the Service Composition of Automatic Transmission Semantic Grid in Internet of Things. *IJACT: International Journal of Advancements in Computing Technology*, 3(7), 10–16. DOI: 10.4156/ijact.vol3.issue7.2.

9. Xiang, C., & Zhou, Z. (2011). A new music classification method based on BP neural network. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, 5(6), 85–94.

10. Xiao, H., & Li, Y. (2011). A New Thought based on the Service Composition of Automatic Transmission Semantic Grid in Internet of Things. *IJACT: International Journal of Advancements in Computing Technology*, 3(7), 10–16.

11. Fang, R., Jian-feng, M., & Xuan-wen, H. (2012). Attribute-based access control scheme for the perceptive layer of the Internet of Things. *Journal of Xidian University*, 39(2), 66–72.

12. Naveen Dr, Raina Rohini. Machine learning in Internet of Thing. (2018). Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/322209934_MACHINE_LEARNING_IN_INTERNET_OF_THING (Last accessed: 10 January 2021).

13. Xinwu, L. (2011). A new color correction model for based on BP neural network. *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, 3(5), 72–78.

14. Shtuchnyi intelekt zmozhe poperedzhaty khvoroby koriv [Artificial intelligence will be able to prevent diseases of cows]. 2018. Retrieved from: <http://milkua.info/en/post/stuchnij-intelekt-zmoze-poperedzhati-hvorobi-koriv> (Last accessed: 06 August 2021) [in Ukrainian].

15. Oliinyk, P.B. (2021). Rozrobka bezdrotovoho datchyka vibratsii na osnovi MEMS akselerometra [Development of a wireless vibration sensor based on the MEMS accelerometer]. Retrieved from: <https://media.neliti.com/media/publications/306711-development-of-wireless-vibration-transd-e11dbf9c.pdf> (Last accessed: 06 August 2021) [in Ukrainian].

16. Mokin, V.B., Sobko, B.Yu., Dratovanyi, M.V., Kryzhanovskiy, Ye.M., & Horiachev, H.V. (2017). Stvorennia informatsiinoi systemy monitorynhu zabrudnennia atmosferneho povitria mista na osnovi tekhnolohii “Internet rechei” [Creation of an information system for monitoring the city’s air pollution based on the Internet of Things technology]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, 3, 49–58 [in Ukrainian].

17. Dobronravova, I.S. (ed.), et. al. (2018). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen [Methodology and organization of scientific research]. Kyiv : VPTs “Kyivskiy universytet” [in Ukrainian].

УДК 004.056

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.3>

ОСНОВНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ COVID-19

Худік Н.Д. – старший викладач кафедри менеджменту
та інформаційних технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-2310-799X

У статті розкриваються основні проблеми дистанційної роботи в режимі обмеження, що пов'язані з пандемією COVID-19, з використанням доступних хмарних технологій. Визначені, проаналізовані та систематизовані проблеми кібербезпеки, пов'язані з додатками для дистанційної роботи. Поширившись по всьому світі, пандемія COVID-19 вплинула на глобальне обмеження суспільних зборів усіх типів, включаючи традиційне робоче місце. Сьогодні мільйони компаній стикаються з проблемою управління повністю віддаленою робочою силою за допомогою дистанційної роботи та пов'язаних з нею технологій. COVID-19 та масштабний перехід до віддаленої роботи забезпечили цифровий прорив та величезний культурний зсув у оперативному плані для кожної організації у всьому світі. Багато постачальників технологій уже скористували свої відповідні інформаційні продукти та послуги, щоб забезпечити глобальне впровадження роботи на відстані. Так само організації у всіх секторах реалізують політику дистанційної роботи для своїх працівників відповідно до цієї тенденції. Технологічні корпорації Microsoft, Facebook, Amazon, Twitter, Google та багато інших оновили керівні принципи для своїх співробітників щодо віддаленої роботи та збалансування продуктивності. Водночас вони зосереджуються на ретельному виправленні потенційних недоліків зв'язку, які раніше існували у їхніх продуктах та послугах. Ризики кібербезпеки, пов'язані з недоліками у віддалених технологіях, не є особливо новими, але оскільки політика соціального дистанціювання через пандемію змушує співробітників працювати більше вдома, позаяк люди шукають нові способи залишатися на зв'язку, хакери у всьому світі також використовують нові підходи до шахрайства та кібератаки проти працівників та нової професійної активності в Інтернеті багатьох компаній. Успішні кібератаки призводять до втрати даних, псування репутації та технологічної апатії; потенційно підривають зусилля щодо стримування поширення COVID-19. Метою дослідження є вирішення завдань, які породжує робота на відстані, включаючи фактори ризику кібербезпеки, технологічну апатію та наслідки кібератак з використанням доступних хмарних технологій.

Ключові слова: віддалена робота, хмарні технології, кібербезпека, COVID-19, дистанційна робота.

Khudik N.D. Main aspects of safe use of cloud technologies in a COVID-19 pandemic

The article reveals the main problems of remote operation in the constraint mode associated with the COVID-19 pandemic using available cloud technologies. Identified, analyzed and systematized cybersecurity issues related to remote applications. Spreading around the world, the COVID-19 pandemic has affected global restrictions on public gatherings of all types, including the traditional workplace. Today millions of companies face the challenge of managing a completely remote workforce through remote work and related technologies. COVID-19 and the large-scale transition to teleworking have provided a digital breakthrough and a huge cultural shift in operational terms for every organization around the world. Many technology providers have already adjusted their respective information products and services to enable the global adoption of teleworking. Likewise, organizations across all sectors are implementing telecommuting policies for their employees in line with this trend. Likewise, organizations across all sectors are implementing telecommuting policies for their employees in line with this trend. Tech corporations Microsoft, Facebook, Amazon, Twitter, Google, and many others have updated guidelines for their employees to work remotely and balance productivity. At the same time, they focus on carefully tweaking potential connectivity disadvantages that previously existed in their products and services. Cybersecurity risks posed by weaknesses in remote technologies are not

particularly new, but as social distancing policies due to the pandemic force employees to work more from home and as people seek new ways to stay connected, hackers around the world are also using new ones approaches to fraud and cyberattacks against workers and new professional activities on the Internet of many companies. Successful cyberattacks result in data loss, damage to reputation and technological apathy; potentially undermine efforts to contain the spread of COVID-19. The aim of the study is to address the challenges posed by teleworking, including cybersecurity risk factors, technological apathy, and the consequences of cyber attacks using available cloud technologies.

Key words: *remote work, cloud technologies, cybersecurity, COVID-19, technology corporations.*

Впровадження хмарних обчислень, що дозволяє користувачам віддалено отримувати доступ до сховищ даних, обчислювальних ресурсів та програмних додатків, стало найбільш актуальним у контексті пандемії COVID-19.

Клієнти в хмарі можуть значно скоротити витрати на зберігання та обчислення, використовуючи загальнодоступне мережеве сховище та обчислювальні ресурси. Постачальник послуг повинен об'єднати ресурси для обслуговування широкого кола клієнтів у єдине ціле, щоб забезпечити динамічний та ефективний перерозподіл потужностей між замовниками, а не постійно змінювати попит на ємність.

Різноманітність пристроїв, що використовуються в хмарних обчисленнях, різко знижує витрати на використання обчислювальних ресурсів. Зниження вартості на розподілені обчислення, загальне сховище та сховище кардинально змінює економіку обробки даних та робить хмарні обчислення дуже привабливими для багатьох клієнтів.

Часто не помічається, що власник має невеликий контроль над своєю безпекою під час передачі даних у хмару, а постачальники послуг поступово беруть на себе відповідальність за їхню безпеку.

Основний акцент на інформаційну безпеку у хмарі приділено в роботах таких вітчизняних та зарубіжних дослідників, як: О.В. Олійник, С.В. Белай, Є.А. Ісаєв, В.В. Корнілов, С. Brenton, W. Jansen, T. Grance, J. Karhunen, T. Nyman, N. Asokan та інші. Подальші дослідження потребують розробки стратегії хмарної інформаційної безпеки.

Мета роботи – проаналізувати теоретичні та практичні аспекти безпеки віддаленої роботи співробітників із використанням доступних хмарних технологій у контексті пандемії COVID-19.

Робота на відстані – це технологічна практика віддаленої роботи або вдома за рахунок комбінованого використання систем зв'язку, підключених до Інтернету, електронної пошти, телефону та інших онлайн-цифрових програм. Це застосування комп'ютерного програмного забезпечення та високошвидкісних телекомунікаційних систем для дистанційного впровадження комунікації на робочому місці.

Компонент відеоконференцій – це форма віддаленої відеовзаємодії у реальному часі, коли учасники групуються у фіксованому місці, на відміну від індивідуальної участі у традиційній роботі на відстані. Однак інноваційна інтеграція сеансу відеоконференцій як представника одного учасника дистанційної роботи можлива там, де потрібна сегментація великих учасників з різних географічних місць.

Рішення для відеоконференцій можна використовувати для двостороннього спілкування в прямому ефірі з обмеженою взаємодією з аудиторією. Сфера застосування включає віртуальні зустрічі, онлайн-навчання, технічну підтримку, вебінари, ділові конференції, чати, обмін повідомленнями та обмін файлами,

а також багатоканальну сумісну роботу із загальним доступом до певних файлів та документів.

Нинішня хвиля роботи на дистанційному рівні зумовлена вимогами пандемії COVID-19, тому її можна назвати епізодичною або ситуативною, оскільки це не запланований вид роботи, а той, що був викликаний надзвичайною ситуацією. У результаті кожен важливий компонент дистанційної роботи створює унікальну проблему безпеки, яку необхідно або пом'якшити, або ретельно контролювати, щоб мінімізувати ймовірність кібератак хакерами та шахраями в Інтернеті [4].

«Хмара» – це інструмент, який може використовуватися великими та малими компаніями для покращення взаємозв'язку їхньої робочої сили. Переваги використання хмари включають більшу гнучкість зберігання, посилену співпрацю з будь-якої точки світу та підвищену безпеку.

Більшість компаній уже використовують хмарні сервіси у своїй діяльності. Дуже важливо, щоб кожен працівник знав, як користуватися хмарними службами і, що важливіше, як безпечно користуватися хмарними службами. Крім того, компанії повинні розуміти, що у них є варіанти вибору хмарних сервісів.

Три основні типи – це програмне забезпечення як послуга (SaaS), інфраструктура як послуга (IaaS) та платформа як послуга (PaaS), і ці послуги також варіюються залежно від постачальника хмарних послуг. Нині є змога для кожного бізнесу, малога та великого, розглянути можливість використання хмарного сервісу для підвищення ефективності та результативності своєї діяльності.

Перш ніж купувати хмарні послуги, керівники повинні уважно зрозуміти їхні конкретні потреби та знайти хмарний сервіс, який найкраще відповідає цим потребам. Особливо в унікальному віртуальному робочому середовищі COVID-19 попит на хмарні послуги різко зріс: Microsoft повідомила про зростання хмарного попиту на 775% [16].

Компанії, які розміщують ці ресурси, називаються постачальниками хмарних послуг – cloud service providers (CSP). Одними з найбільших постачальників послуг є Amazon Web Services, NetApp та Google Cloud.

Використовуючи CSP, клієнти, по суті, запозичують інфраструктуру для зберігання ресурсів. Це допомагає заощадити на ІТ-витратах та забезпечує більш швидке масштабування.

Великі та малі компанії можуть скористатися перевагами хмарних технологій, від електронної комерції для підприємств до місцевих кав'ярень. Розглянемо основні переваги хмарних технологій у контексті пандемії COVID-19.

1. Більш конкретні та прості інструменти для спільної роботи.

Тепер, коли дистанційна робота стала нормою, почалося зростання використання інструментів співпраці або продуктивності. У 2021 році люди продовжуватимуть працювати вдома, а інструменти співпраці матимуть вирішальне значення для продуктивності.

Відеоконференції, спільне використання екрана та чати стануть більш інтегрованими. Це полегшить спілкування між командами. Інші досягнення в галузі штучного інтелекту (ШІ), такі як придушення шуму та віртуальне тло, будуть продовжувати вдосконалюватися та застосовуватись ширше.

Інструменти для сумісної роботи також стають усе більш і більш нішевіми. Зараз є програми, що спеціально розроблені для команд, починаючи від юридичних і закінчуючи інженерними.

2. Використання штучного інтелекту на робочому місці.

Штучний інтелект охоплює широкий спектр послуг, включаючи чат-боти, служби визначення місцезнаходження та цифрових помічників. Він спрямований на автоматизацію повторюваних завдань, що економить час та гроші.

Його зростання триватиме і цього року, очікується, що до 2024 року дохід на світовому ринку штучного інтелекту перевищить 300 мільярдів доларів.

Оскільки компанії прагнуть оптимізувати та раціоналізувати свій бізнес, ШІ стане ще більш актуальним на робочому місці. Це може бути реалізоване для автоматизації розрахунків заробітної плати, прогнозування бюджетів або покращення дотримання нормативних вимог. Співробітники також зможуть заощадити час на таких речах, як звіти про витрати, рахунки-фактури та аналіз даних.

Завдяки штучному інтелекту компанії зможуть позбутися більшості ручних завдань і замість цього зосередитися на інноваціях. Тому для підприємств з обмеженими ресурсами або обмеженими бюджетами такі технології, як ШІ, матимуть першочергове значення.

3. Хмарне сховище в охороні здоров'я.

Протягом останніх кількох років охорона здоров'я переходить у хмару і продовжиться в 2021 році. Насправді, прогнозується, що глобальний хмарний ринок охорони здоров'я зросте на 25,54 млрд доларів протягом 2020–2024 років.

Оскільки хмарне сховище дозволяє системам охорони здоров'я зберігати дані в Інтернеті, це відкрило двері для телездоров'я. Пацієнти можуть отримати медичну допомогу без відвідування лікарні та пройти багато планових оглядів або онлайн-консультацій.

Згідно з дослідженням компанії Frost & Sullivan, впровадження телездоров'я прискорилося приблизно на два роки через глобальну пандемію [5].

Гнучкість хмарного зберігання також заощадить гроші медичних компаній. Наприклад, оскільки кількість відвідувань пацієнтів у сезон грипу зростає, вони можуть збільшити ємність своїх хмар протягом цього часу. Влітку, коли менше людей хворіє, вони можуть зменшити його.

Це також дозволяє компаніям скорочувати витрати на найновіші оновлення апаратного або програмного забезпечення, оскільки CSP керує всім цим.

4. Переважання граничних обчислень.

Граничне обчислення останніми роками набрало популярності. Це схоже на хмарні обчислення, оскільки воно зберігає дані та інформацію в Інтернеті, але зберігає їх локально (тобто «на межі»). Це наближує сховище даних до використовуваних пристроїв, усуваючи необхідність покладатися на зберігання даних у віддаленому, центральному місці.

Граничні обчислення дуже корисні у віддалених місцях, де мало можливості підключення до централізованого сайту, де зазвичай зберігаються дані. Він також може полегшити будь-які проблеми із затримкою, які впливають на швидкість або продуктивність програм у реальному часі.

Наприклад, перебуваючи в автомобілі з автономним керуванням, замість того, щоб запускати алгоритм через традиційну службу хмарних обчислень, граничні обчислення можуть запускати його локально. Це покращує ефективність і швидкість доставки.

Граничні обчислення використовуються для Інтернет речей (IoT), таких як розпізнавання облич, віддалені дзвінки в двері, розумні вимикачі світла, Bluetooth та системи контролю температури [6].

5. Зростання безсерверних обчислень.

Безсерверні хмарні обчислення – це відносно нова розробка, яка особливо корисна для розробників програмного забезпечення. Замість обслуговування, оновлення та масштабування серверів CSP відповідають за розподіл ресурсів.

Оскільки провайдер хмарних послуг стягує оплату з компанії лише тоді, коли вона виділяє ресурси для доставки фрагмента коду, це може значно скоротити витрати для компанії.

Це звільняє більше часу для співробітників, щоб зосередитися на функціях, орієнтованих на клієнтів, таких як UX та UI, оскільки немає необхідності турбуватися про інфраструктуру. В результаті можемо очікувати, що додаткові інструменти для співпраці з розробниками допоможуть інтернет-групам надалі спростити їхній робочий процес. Ці типи інструментів можна краще використовувати, якщо менше часу проводиться на стороні сервера.

З огляду на те, що безсерверні обчислення більш енергоефективні, економічно ефективні та гнучкі, легко зрозуміти, чому їх популярність буде продовжувати зростати цього року.

6. Поширення віртуальних хмарних робочих столів.

Віртуальні хмарні робочі столи (або робочий стіл як послуга DaaS) доставляють нам робочі станції через хмару. Це означає, що все – від налаштувань комп'ютера до операційних систем – доставляється через Інтернет.

Оскільки дистанційна робота стає нормою, DaaS набуде все більшого значення, оскільки дозволить нам працювати з будь-якого місця та на будь-якому пристрої. За даними Gartner, DaaS буде зростати на 58,8% щорічно до 2023 року.

DaaS також допомагає зменшити витрати, оскільки підприємства можуть усунути необхідність оновлення обладнання та дублювання технологій. Крім того, оскільки це погодинна модель передплати, компанії можуть заздалегідь передбачити витрати та скоригувати свої потреби за запитом.

Наприклад, якщо компанія наймає нових співробітників, їм доведеться розширити свої можливості. З віртуальними робочими столами це можна зробити легко.

Це також безпечно. Автоматично створюється резервне копіювання та зберігається у захищеному центрі обробки даних. Оскільки все централізовано, це набагато безпечніше, ніж зберігати всі дані на окремому пристрої. І їх можна швидко відновити у разі пошкодження.

Хакери демонстративно використовують кризу COVID-19. Фішинг та інші кібератаки зростають, а злочинці використовують тривогу, яку відчувають робітники у сучасних незвичних обставинах. Опитування CNBC також виявило, що більше третини опитаних керівників повідомили про зростання кіберзагроз, пов'язаних з роботою на відстані.

Типові ризики у разі роботи на відстані [13].

Мережеві ризики. Для віддаленого доступу до ресурсів компанії співробітники зазвичай використовують різні комбінації захищених і незахищених, дротових або бездротових мереж, а власне приватних чи загальнодоступних мереж. Це дає безліч варіантів входу для хакерів та кіберзлочинців – компанії просто не можуть захистити кожну мережу, якою користуються співробітники.

Фізичний захист пристроїв. Захист фізичних пристроїв під час віддаленої роботи стає серйозним ризиком і викликом, оскільки втрачений пристрій – особистий чи корпоративний – становить загрозу втрати конфіденційних даних та особистої інформації. Під особливим ризиком перебувають пристрої працівників, які подорожують або працюють поза домом.

Використання персональних пристроїв у комерційних цілях. У цій ситуації є великий ризик того, що особисте використання програмних продуктів та інших ресурсів може дати злочинцям доступ до ресурсів компанії. Як правило, компанії не мають контролю над програмами та програмами, встановленими на персональних пристроях, разом із корпоративними.

Шахрайство орієнтоване на віддалених працівників. Хакери вміють використовувати психологічні особливості людини і можуть тонко маніпулювати працівниками поза колективним офісним середовищем. Під час віддаленої роботи є ризик того, що працівник не зможе скористатися такими простими методами соціальної інженерії, як перевірка підозрілого повідомлення з колегою поблизу.

Хмарна безпека включає технології, елементи управління, процеси та політику, які колективно захищають хмарні системи, дані та інфраструктуру. Це піддомен комп'ютерної безпеки та у більш широкому сенсі інформаційної безпеки [8].

Хмарна безпека є найважливішою вимогою для всіх організацій. Особливо з огляду на останнє дослідження (ISC) 2, згідно з яким 93% організацій помірно або надзвичайно стурбовані безпекою хмар, а кожна четверта організація підтвердила інцидент із безпекою хмар за останні 12 місяців.

Розглянемо шість стратегічних кроків, які може зробити організація для покращення безпеки віддалених працівників.

1. Покращене управління паролями та безпека.

Неефективні або неповні системи управління паролями продовжували заважати бізнесу протягом усього 2020 року. Перехід на роботу на відстань лише посилив цю проблему. У 2021 році потрібно докласти серйозних зусиль для покращення управління паролями. Це має включати шлях єдиного входу (SSO) для кожної програми та послуги, які використовує компанія. Єдиний вхід повинен поєднуватися з багатофакторною автентифікацією, і більша частина ризику кібербезпеки віддалених працівників буде негайно усунена.

2. Підвищення прозорості інфраструктури.

Видимість трафіку даних стає все більш важливою, оскільки віддалені співробітники використовують для свого підключення до Інтернет бізнес-пристрої, які раніше були захищені корпоративною інфраструктурою. Такі інструменти, як виявлення мережі та реагування на неї, є чудовим способом відновити цю видимість. Можливість детального моніторингу та відображення мережевого трафіку між пристроями працівників для роботи з дому (WFH) та корпоративними програмами, даними та послугами в приватних центрах обробки даних або загальнодоступних хмарах може допомогти виявити аномалії трафіку або помилки конфігурації, які призводять до проблем із продуктивністю або кібербезпекою, – пов'язані проблеми.

3. Розгортання обладнання для забезпечення безпеки віддалених працівників корпоративного рівня.

Більшість середніх і великих підприємств уже розгорнули багато засобів безпеки мережі для управління та контролю пристроїв кінцевих точок, які використовуються співробітниками. Брандмауери нового покоління, системи запобігання вторгненням, інструменти мережевого шкідливого програмного забезпечення та автентифікація для доступу до Wi-Fi – це лише кілька прикладів. Але коли все більше і більше співробітників почали працювати вдома, адміністратори ІТ-безпеки зрозуміли, що їхні спроби керувати та контролювати політику безпеки ускладнюються, коли пристрої більше не захищаються корпоративною мережею. Шлюзи для віддалених працівників, які розширюють функції корпоративної

безпеки в будинках співробітників, можуть допомогти створити єдину політику безпеки та поділити будинок на роботу та некомерційні мережі. Ці пристрої також створюють захищений тунель VPN для віддалених ресурсів. Це позбавляє працівників від необхідності встановлювати та постійно вмикати програмне забезпечення для віддаленого VPN.

4. Віртуальні робочі столи.

Багато компаній переходять від розгортання корпоративних ноутбуків до роботи на відстані і покладаються на віртуальні робочі столи. Хоча інфраструктури віртуальних робочих столів мають багато переваг в управлінні ІТ, продуктивності та економії, основною причиною переходу підприємств на віртуалізовані робочі столи є запобіганням втраті даних. Віртуальні робочі столи дозволяють кінцевим користувачам запускати бізнес-ОС, що виглядає та працює так, ніби вона локальна для користувача. Фактично потоки на робочий стіл надходять із захищеного приватного центру обробки даних або у разі настільних ПК як постачальників послуг із загальнодоступної хмари. Це запобігає потраплянню чутливих бізнес-даних до віддалених робочих столів, де вони можуть випадково або навмисно просочитися.

5. Нульова довіра.

Швидше за все у 2021 році найпопулярнішим роком для ІТ-безпеки буде нульова довіра. Однак, на відміну від багатьох інших раніше популярних тенденцій, нульова довіра насправді є законною та ідеальною структурою безпеки для співробітників та цифрових активів як усередині, так і поза корпоративною інфраструктурою. Вам потрібно врахувати ці принципи нульової довіри, щоб визначити, де знаходиться фірма з її інфраструктурою безпеки, і куди їй потрібно рухатися, щоб досягти вражаючих переваг безпеки.

6. Навчання та матеріали з техніки безпеки WFH.

Зараз найкращий час для створення або вдосконалення наявних навчальних матеріалів з безпеки та супутніх матеріалів. Метою тут має бути ознайомлення співробітників з деякими типовими помилками та хибними уявленнями про кібербезпеку, які часто виникають під час віддаленої роботи. Це включає такі теми, як управління паролями, захист корпоративного обладнання, використання авторизованих програм для співпраці, зберігання конфіденційних даних, запобігання тіньовим ІТ-ризикам та безпечна перевірка ідентичності людей, з якими працюють співробітники.

Бізнес перейшов у хмару завдяки пандемії COVID-19, але зростання довіри до публічних, приватних та гібридних хмар даних відкрило шлях до нових викликів. Хмарні загрози безпеці через неправильно налаштовані заходи безпеки та відсутність моніторингу поступаються місцем більш суворим протоколам безпеки та можливостям тестування безпеки. Зростання впровадження хмарних технологій означає зростання довіри до безпеки інфраструктури [12].

Пріоритетом буде віддалена робота, а разом з цим і вартість потенційного порушення даних. У 2020 році ми дізналися, що навіть епоха соціального фізичного дистанціювання не може уповільнити загрози соціальної інженерії. Кіберзлочинці продовжуватимуть здійснювати атаки соціальної інженерії та намагатимуться використовувати загальноприйняті домашні пристрої, які можна використовувати для компрометації особи та надання доступу до інформаційних ресурсів. Ці атаки в основному стосуватимуться різних форм фішингу, включаючи електронну пошту, голосове спілкування, текстові повідомлення, миттєві повідомлення та навіть сторонні програми. Враховуючи все сказане, ми передбачаємо, що

віддалені працівники будуть домінувати як вектор атаки номер один для експлуатації у 2021 році.

На жаль, виявлення порушень даних займе більше часу через збільшення віддаленої роботи. Зі зростанням кількості атак фішингу та вимагачів більшість компаній вже скомпрометовані – і вони про це не знають. Реальність така, що співробітники користуються споживчим Інтернетом без будь-якого контролю, що, по суті, є шведським столом для кібератак.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Worldwide Public Cloud Services Spending Will More Than Double by 2023. USA, Framingham, July 3, 2019. URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45340719> (дата звернення: 17.09.2021).
2. Кононюк А.Е. Фундаментальная теория облачных технологий: Общонаучные подходы формирования систем облачных технологий. Киев : Освіта України, 2018 Т. 1. 621 с.
3. Вольська К.О., Дикий А.П. Бухгалтерський облік у «хмарі»: порядок переходу та адаптації інформаційної системи підприємства. *Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу*. ЖДТУ, № 2(37), с. 24–29, 2017. DOI: 10.26642/pbo-2017-2(37)-24-29.
4. Хмарні обчислення, Integrity Systems. URL: <http://integritysys.com.ua/solutions/pricatecloud-solution>. (дата звернення: 17.09.2021).
5. Кононюк А.Е. Фундаментальная теория облачных технологий: Введение в фундаментальную теорию облачных технологий. Киев : Освіта України, 2018 Т. 2. 528 с.
6. Облачные вычисления (Cloud computing). URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные_вычисления_%28Cloud_computing%29. (дата звернення: 17.09.2021).
7. Cloudcomputing. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#Service_models (дата звернення: 17.09.2021).
8. The NIST Definition of Cloud Computing. URL: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final> (дата звернення: 17.09.2021).
9. Fernando Doglio. “Content as a Service: Your Guide to the What, Why, and How” ButterCMS, May 7, 2019. URL: <https://buttercms.com/blog/content-as-a-service-your-guide-to-the-what-whyand-how> (дата звернення: 17.09.2021).
10. Olson John A. Data as a Service: Are We in the Clouds?. *Journal of Map & Geography Libraries*. 6 (1): 76–78. DOI: 10.1080/15420350903432739.
11. Desktop virtualization. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Desktop_virtualization#Desktop_as_a_service (дата звернення: 17.09.2021).
12. Mike Roberts. “Serverless Architectures”, May 22, 2018. URL: <https://martinfowler.com/articles/serverless.html#unpacking-faas> (дата звернення: 17.09.2021).
13. Antony Ananich. “What is IaaS?”, Mar. 2, 2016. URL: <https://web.archive.org/web/20160302153830/http://ananich.pro/2016/02/what-is-iaas/> (дата звернення: 17.09.2021).
14. Donovan Jones. “Blackstone Acquires Cloudreach For Access To iPaaS Market”, February 21, 2017. URL: <https://seekingalpha.com/article/4048008-blackstone-acquires-cloudreach-foraccess-to-ipaas-market> (дата звернення: 17.09.2021).

REFERENCES:

1. Worldwide Public Cloud Services Spending Will More Than Double by 2023. USA, Framingham, July 3, 2019. Retrieved from: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45340719>.

2. Koniuk, A.E. (2018). Fundamental'naya teoriya oblachnykh tekhnologiy: Obshchenauchnyye podkhody formirovaniya sistem oblachnykh tekhnologiy [Fundamental theory of cloud technologies: General scientific approaches to the formation of systems of cloud technologies]. Kyiv: Osvita Ukrainy, (Vol. 1) [in Ukrainian].
 3. Vol's'ka, K.O. & Dikiy, A.P. (2017). Bukhhalters'kyi oblik u "khmari": poriadok perekhodu ta adaptatsiyi informatsiynoyi systemy pidpryyemstva [Cloud accounting: the order of transition and adaptation of the information system of the enterprise]. *Problemy teorii ta metodolohiyi bukhalters'koho obliku, kontrolyu i analizu – Problems of theory and methodology of accounting, control and analysis*, 2(37), 24–29 [in Ukrainian]. DOI: 10.26642/pbo-2017-2(37)-24-29.
 4. Khmarni obchyslennya, Integrity Systems. Retrieved from: <http://integritysys.com.ua/solutions/pricatecloud-solution>.
 5. Koniuk, A.E. (2018). Fundamental'naya teoriya oblachnykh tekhnologiy: Obshchenauchnyye podkhody formirovaniya sistem oblachnykh tekhnologiy [Fundamental theory of cloud technologies: General scientific approaches to the formation of systems of cloud technologies]. Kyiv: Osvita Ukrainy, (Vol. 2) [in Ukrainian].
 6. Oblachnyye vychisleniya [Cloud computing]. Retrieved from: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные_вычисления_%28Cloud_computing%29.
 7. Cloud computing. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#Service_models.
 8. The NIST Definition of Cloud Computing. Retrieved from: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>.
 9. Fernando Doglio. "Content as a Service: Your Guide to the What, Why, and How" ButterCMS, May 7, 2019. Retrieved from: <https://buttercms.com/blog/content-as-a-service-your-guide-to-the-what-whyand-how>.
 10. Olson, John A. Data as a Service: Are We in the Clouds? *Journal of Map & Geography Libraries*. 6 (1): 76–78. DOI: 10.1080/15420350903432739.
 11. Desktop virtualization. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Desktop_virtualization#Desktop_as_a_service.
 12. Mike Roberts. "Serverless Architectures", May 22, 2018. Retrieved from: <https://martinfowler.com/articles/serverless.html#unpacking-faas>.
 13. Antony Ananich. "What is IaaS?", Mar. 2, 2016. Retrieved from: <https://web.archive.org/web/20160302153830/http://ananich.pro/2016/02/what-is-iaas/>.
 14. Donovan Jones. "Blackstone Acquires Cloudreach For Access To iPaaS Market", February 21, 2017. Retrieved from: <https://seekingalpha.com/article/4048008-blackstone-acquires-cloudreach-foraccess-to-ipaas-market>.
-

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 637.146.34:579.678

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.4>

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА БЕЗЛАКТОЗНОГО ЙОГУРТУ З ДОТРИМАННЯМ ПРИНЦИПІВ СИСТЕМИ НАССР

Болгова Н.В. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технології і безпеки харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету

ORCID ID: 0000-0002-0201-0769

Scopus-Author ID: 57217302672

Самілик М.М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології і безпеки харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету

ORCID ID: 0000-0002-4826-2080

Scopus-Author ID: 57217312425

Назаренко Ю.В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології і безпеки харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету

ORCID ID: 0000-0003-4870-4667

Researcher ID: W-6022-2018

Соколенко В.В. – старший викладач кафедри технології
і безпеки харчових продуктів

Сумського національного аграрного університету

ORCID ID: 0000-0002-2049-7013

Researcher ID: V-8632-2018

Робота присвячена виробництву безлактозного йогурту з дотриманням принципів системи НАССР. Кисломолочні продукти, що створені з використанням молочнокислих і біфідобактерій, розглядаються як основа функціонального харчування людини, сприяють профілактиці низки захворювань. Позитивний ефект зумовлений наявністю пробіотиків та пребіотиків. Джерелом молочнокислих бактерій є кисломолочні напої, зокрема, йогурти. Йогурт отримують сквашуванням нормалізованої молочної суміші термофільними стрептококами і болгарською паличкою. Поряд з якістю потрібно враховувати і безпеку продукції, в основі якої лежить впровадження та дотримання принципів системи НАССР. З метою виробництва безлактозних продуктів здебільшого

використовують фермент лактазу. Під дією ферменту лактоза розщеплюється на глюкозу та галактозу, надаючи продукту солодкуватого присмаку. З урахуванням цього перед нами стоїть завдання отримати продукт з правильним смаком та функціональною спрямованістю. Особливо це актуально з огляду на різновікові групи споживачів, які страждають непереносимістю лактози. Запропоновано рецептуру безлактозного йогурту з такими харчовими добавками та наповнювачами, як: сухе знежирене молоко, сукралоза, лактулоза, пектин, вітамін D, фермент лактаза. Зважаючи на проаналізовану інформацію, можна вважати, що запропоновані рецептурні компоненти для виробництва безлактозного йогурту забезпечують його користь та надають функціональних властивостей. Безлактозний йогурт виготовляють за класичною технологією. Таким чином, розробка, виробництво якісної та безпечної продукції – актуальне питання не лише виробника, а й науковця. Метою дослідження є аналіз рецептури та технології безлактозного йогурту, дотримання вимог системи HACCP під час виробництва. В роботі проаналізована актуальність вибраної теми. У результаті проведеного аналізу аргументовано вибір рецептурних компонентів для виробництва безлактозного йогурту. На основі літературних доказів встановлена функціональність продукту. Задokumentовано результат аналізу небезпечних факторів та підтверджено вибір КТК.

Ключові слова: безлактозний йогурт, HACCP, сукралоза, лактулоза, пектин, вітамін D, лактаза, безпечність, критичні точки контролю, виробництво.

Bolgova N.V., Samilyk M.M., Nazarenko Y.V., Sokolenko V.V. Technology for the production of lactose-free yoghurt in compliance with the principles of the HACCP system

The work is devoted to the production of lactose-free yogurt in compliance with the principles of the HACCP system. Fermented milk products with the use of lactic acid and bifidobacteria are considered as the basis of human functional nutrition, contribute to the prevention of a number of diseases. The positive effect is due to the presence of probiotics and prebiotics. Fermented milk drinks, in particular yoghurts, are the source of lactic acid bacteria. Yoghurt is obtained by fermenting the normalized milk mixture with thermophilic streptococci and Bulgarian bacillus. Along with quality, it is necessary to take into account the safety of products, which is based on the implementation and observance of the principles of the HACCP system. For the production of lactose-free products, in most cases, the enzyme lactase is used. Under the action of an enzyme, lactose is broken down into glucose and galactose, providing a product with a sweetish taste. Taking this into account, we are faced with the task of obtaining a product with the right taste and functional focus. This is especially true given the different age groups of consumers suffering from lactose intolerance. A formulation of lactose-free yogurt with the following food additives and fillers is proposed: skimmed milk powder, sucralose, lactulose, pectin, vitamin D, lactase enzyme. Taking into account the analyzed information, it can be considered that the proposed prescription components for the production of lactose-free yoghurt provide its benefits and have functional properties. Lactose-free yoghurt is made using classical technology. Thus, the development, production of high-quality and safe products is a topical issue not only for the manufacturer, but also for the scientist. The aim of the study is to analyze the formulation and technology of lactose-free yoghurt, compliance with the requirements of the HACCP system during production. The work analyzes and substantiates the relevance of the chosen topic. As a result of the analysis, the choice of prescription components for the production of lactose-free yoghurt is reasoned. The functionality of the product has been established on the basis of literary evidence. The result of the hazard analysis was documented and the choice of the CPC was confirmed.

Key words: lactose-free yogurt, HACCP, sucralose, lactulose, pectin, vitamin D, lactase, safety, critical control points, production.

Вступ. Кисломолочні продукти, що створені з використанням молочнокислих і біфідобактерій, розглядаються як основа функціонального харчування людини, сприяють профілактиці низки захворювань. Позитивний ефект зумовлений наявністю пробіотиків та пребіотиків [1; 2]. Джерелом молочнокислих бактерій є кисломолочні напої, зокрема, йогурти. Йогурт отримують сквашуванням нормалізованої молочної суміші термофільними стрептококами і болгарською паличкою. Поряд з якістю потрібно враховувати і безпечність продукції, в основі якої лежить впровадження та дотримання принципів системи HACCP.

Постановка проблеми. Виробництво безлактозного йогурту ґрунтується на використанні ферменту лактази. Під дією ферменту лактоза розщеплюється на глюкозу та галактозу, надаючи продукту солодкуватого присмаку. З огляду на це перед нами стоїть завдання отримати продукт з правильним смаком та функціональною спрямованістю. Особливо це актуально з урахуванням різновікових груп споживачів, які страждають непереносимістю лактози. Таким чином, розробка, виробництво якісної та безпечної продукції – актуальне питання не лише виробника, а й науковця [3].

Метою дослідження є аналіз рецептури та технології безлактозного йогурту, дотримання вимог системи НАССР під час виробництва. Предмет дослідження – безлактозний йогурт, показники безпечності. Об'єкт досліджень – технологія виробництва безпечного продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду на той факт, що молочні продукти відносять до продуктів широкого вжитку, які містять необхідні для організму людини білки, жири, вуглеводи, кальцій, калій тощо, науковці з різних країн вивчають питання виробництва безлактозної продукції [4].

У роботі [5] розроблено рецептуру низьколактозного морозива. Розроблено технологічну схему виробництва. Вивчено вплив низьколактозних компонентів на в'язкість та структуру морозива. За рахунок внесення в продукт лакто- та біфідобактерій підтверджено пробіотичні властивості.

У роботах [6–8] проаналізовані різні способи виробництва безлактозного молока: внесення ферменту, мембранна фільтрація. Встановлено, що виробництво безлактозного молока з використанням мембранної ультрафільтрації дозволяє отримати продукт з вмістом лактози менше 0,01%, що не такий солодкий на смак, як за традиційного способу.

У роботі [9] проаналізовано асортимент низьколактозних та безлактозних сумішей для дітей раннього віку. Аналіз літературних джерел дозволив авторам стверджувати, що діти на грудному вигодовуванні не переносять лактозу і, як результат, потребують адаптованих сумішей.

У роботі [10] вирішується питання переробки молочної сироватки на низьколактозний напівфабрикат. Відповідно до розробленої технології отримано продукт з вмістом лактози 0,61% та запропоновано його використання як функціональної добавки для людей, які не переносять лактозу.

У роботі [11] розроблено рецептури молочно-фруктових десертів і напоїв на основі безлактозної молочної сироватки. Встановлено, що для отримання молочної сироватки з більш низьким вмістом лактози доцільно використовувати закваску «Свій йогурт». Проведені дослідження фізико-хімічних характеристик готового продукту підтверджують доцільність використання молочної сироватки зі зниженою кількістю лактози.

У роботі [12] досліджено ринок низьколактозних продуктів, обґрунтовано рецептуру і спосіб виробництва низьколактозного кисломолочного продукту на основі сиркової пасти з папаєю. Розробка цього функціонального продукту рекомендована для спеціальних груп споживачів, а саме дітей, підлітків і літніх людей.

Потрібно пам'ятати, що поряд із якісними характеристиками продукту сучасний споживач звертає увагу на безпечність. В основі системи безпечності харчових продуктів лежать принципи, що засновані на системі НАССР, які є обов'язковими для всіх харчових підприємств.

У роботах [13; 14] досліджено процес інтеграції України в міжнародних економічних відносинах. Проведено аналіз переваг та можливі ризики впровадження

принципів НАССР на вітчизняних переробних підприємствах. Доведено ефективність такого інструменту.

У роботах [15; 16] запропоновано шляхи успішної реалізації системи безпечності, проаналізовано небезпечні фактори впливу починаючи від виробника і закінчуючи споживачем, обґрунтовано вибір критичних точок контролю.

У роботі [17] розроблені методичні основи розробки та впровадження системи НАССР на підприємствах з виробництва питного молока. На основі «дерева рішень» обґрунтовано вибір критичних точок контролю та розроблено систему їх простежування, контролю та моніторингу. Встановлено, що такий підхід до виробництва безпечної продукції дозволить молокопереробному підприємству залишатися конкурентним та затребуваним.

У роботі [18] досліджено питання впровадження та використання системи НАССР на підприємстві роздрібної торгівлі з виробництва булочних виробів. Авторами запропоновано алгоритм визначення критичних точок контролю та заходи, що унеможливають появу небезпечних ризиків як на етапі виробництва, так і реалізації продуктів харчування. Використання та дотримання запропонованих рекомендацій унеможливить потрапляння шкідливої та небезпечної продукції до споживача.

У роботі [19] проведено аналіз харчової безпечності та її вплив на конкурентоспроможність у закладах швидкого харчування. Доведено ефективність впровадження системи НАССР з урахуванням витрат на розробку та документування, навчання персоналу, послуги зовнішніх консультантів, сприяючи довірі споживачів та захищаючи бренд.

Відповідно до проведеного аналізу наукових праць можна зробити висновок, що виробництво безпечної безлактозної продукції для широкого вжитку є актуальною та своєчасною темою.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зважаючи на сучасні прагнення з розширення асортименту слід обов'язково зважати на вимоги нормативних документів. Всі йогурти, у тому числі і безлактозні, повинні відповідати ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови».

Основною сировиною для виробництва безлактозного йогурту є молоко коров'яче незбиране, молоко знежирене та суха бактеріальна закваска. Молоко повинне відповідати вимогам ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови». Загальна рецептура досліджуваного продукту представлена в таблиці 1.

Відповідно до запропонованої рецептури застосовують такі харчові добавки та наповнювачі, як: сухе знежирене молоко, сукралоза, лактулоза, пектин, вітамін D, фермент лактаза.

Сукралоза – синтетичний, хлорорганічний, термостабільний підсолоджувач, що отриманий із сахарози шляхом спеціальної обробки. Приблизно в 600 разів солодший за цукор. Завдяки особливостям методу виготовлення сукралоза фактично не містить калорій і знижує ризик карієсу. На відміну від більшості підсолоджувачів, такий замінник цукру рекомендований до застосування вагітними жінками і дітьми молодшої вікової групи. Сукралоза не сприяє вивільненню інсуліну і безпечна для людей, які страждають на цукровий діабет і непереносимість глюкози. Саме тому сукралоза вважається одним з найбезпечніших підсолоджувачів на сьогодні [20–23].

Таблиця 1

Рецептура безлактозного йогурту, кг/т

Найменування компонентів	Планові витрати
Молоко незбиране з м.ч.ж. 3,4%	458,01
Молоко знежирене м.ч.ж. 0,05 %	471,89
СОМ	21,52
Сукралоза	0,08
Пектин	0,51
Лактулоза	4,04
Йодис-концентрат	0,51
Закваска	10 г на 100 кг
Вітамін D	4 каплі
Фермент лактаза	0,71
Фруктовий наповнювач	53,54

Лактулоза – це синтетичний дисахарид, що складається з однієї молекули фруктози і галактози, з'єднаних β -глікозидним зв'язком. Вона синтезується з лактози молочних продуктів. Міжнародна непатентована назва лактулози – 4-0- β -D-галактопіранозил-D-фруктоза. Її хімічна формула виглядає так: $C_{12}H_{22}O_{11}$, молекулярна маса – 342,3 г/моль. Лактулоза характеризується як пребіотик [24; 25]. Вживання лактулози протягом двох тижнів дозволяє збільшити кількість біфідобактерій у кишечнику до 47,4%. Це, своєю чергою, зменшує кількість клостридій [26]. Вживання цього пребіотика дозволяє знизити вміст токсичних метаболітів, ферментів; покращує абсорбції кальцію; в товстому кишечнику розщеплюється до органічних кислот, знижуючи рН та пригнічуючи розвиток гнильної мікрофлори; спостерігається збільшення секреції жовчі [27–29].

Аналіз досліджень використання лактулози в технології харчових продуктів підводить до таких важливих її властивостей, як висока біфідогенність та технологічність.

Пектин – харчова добавка E440, що найчастіше в молочній промисловості використовується як стабілізатор та структуроутворювач [30; 31].

Пектин у рецептурі кисломолочних продуктів запобігає синерезису, дозволяючи знизити температуру розливу без впливу на консистенцію готового продукту. Завдяки сорбційним властивостям сприяє виведенню з організму важких, радіоактивних металів, канцерогенів. Пектини також є субстратом та поживним середовищем для розвитку бактерій кишкової мікрофлори, пригнічують життєдіяльність частини умовно-патогенних бактерій [32; 33].

У рецептурі йогурту використали термостійкий йодис-концентрат, який відповідає ТУ У 14326060.003-98 «Сировина для йодування продуктів «Йодис-концентрат». Внесення цього компонента насичує продукт йодом та не впливає на фізико-хімічні та технологічні показники йогурту під час зберігання [33–35].

Вітамін D і кальцій вважаються важливими дієтичними складниками, які впливають на формування кісткової маси. Вітамін D відіграє важливу роль у засвоєнні кальцію, що безпосередньо впливає на кальцієво-фосфатний баланс [36–38].

Фермент лактаза каталізує розщеплення лактози на прості цукри – глюкозу та галактозу [39; 40]. Молочні продукти без лактози та зі зниженим вмістом цукру

вважаються більш корисними для здоров'я і користуються попитом у споживача лише у разі, якщо смак не поступається звичайним молочним продуктам.

Зважаючи на проаналізовану інформацію, можна вважати, що запропоновані рецептурні компоненти для виробництва безлактозного йогурту забезпечують його користь та надають функціональних властивостей.

Безлактозний йогурт виготовляють за класичною технологією, яку представлено на рис. 1.

Технологічний процес складається з таких операцій, як: приймання сировини, оцінка її якості лабораторією згідно з чинними нормативними документами; охолодження молока до $4\pm 2^{\circ}\text{C}$; очистка молока за температури $+6^{\circ}\text{C}$; резервування за $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ до 4 годин; підігрів до температури сепарування $40\text{--}45^{\circ}\text{C}$; охолодження до $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ і резервування; нормалізація; приготування допоміжних компонентів (сухе знежирене молоко, пектин, йодис-концентрат, лактулоза, сукралоза); внесення у нормалізовану суміш, нагріту до температури $37\text{--}40^{\circ}\text{C}$, перемішування $40\text{--}60$ хв. до повного розчинення та набухання; підігрів суміші до температури гомогенізації (65°C); гомогенізація під тиском $15\pm 1,5$ МПа; пастеризація за температури 92°C без витримки; охолодження до температури заквашування $38\text{--}42^{\circ}\text{C}$; внесення у суміш ферменту лактази, перемішування 5 хв. і залишення у спокої на $15\text{--}20$ хвилин для розщеплення молочного цукру (лактози) до моносахаридів.

Процес розщеплення лактози контролюють за допомогою приладу (кріоскопа) показником «точка замерзання». Точка замерзання у молоці становить мінус $0,520^{\circ}\text{C}$.

Точка замерзання в молоці з додаванням ферменту лактази після витримування становить від мінус $0,815^{\circ}\text{C}$ (відповідно, вміст лактози менший за $0,15\%$) до мінус $0,830^{\circ}\text{C}$ (відповідно, вміст лактози менший $0,1\%$); заквашування закваскою прямого внесення за температури $38\text{--}42^{\circ}\text{C}$, перемішування $20\text{--}30$ хв.; сквашування суміші за $38\text{--}42^{\circ}\text{C}$ протягом $6\text{--}8$ годин до досягнення активної кислотності $\text{pH } 5,05\text{--}4,95$ і титрованої кислотності $65\text{--}70^{\circ}\text{T}$; охолодження згустку у разі періодичного перемішування до температури $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$. Тривалість процесу охолодження не більше 2 годин; внесення фруктового наповнювача згідно з рецептурою; фасування за температури $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$, маркування, доохолодження до $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ та зберігання.

Охолодження продукту до температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ проходить протягом 20 годин з моменту закінчення розфасовки. Розфасований у герметичне пакування і охолоджений до температури $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ безлактозний йогурт зберігається протягом 14 діб з моменту завершення технологічного процесу.

З огляду на обізнаність споживача та вимоги й конкурентну спроможність сучасного ринку молочних продуктів виробник має випускати в реалізацію не лише якісний, натуральний, функціональний продукт, а й безпечний.

З метою виробництва безпечного продукту виробник має проаналізувати небезпечні фактори, а саме фізичний, хімічний, біологічний. Користуючись «деревом рішень» та міжнародними практиками, аналізуємо можливі ризики в технологічному процесі виробництва безлактозного йогурту. Починаємо аналізувати із сировини. Вважається, що сировина, яка використовується за рецептурою і не пройшла відповідну термічну обробку, є потенційно небезпечною з точки зору можливих патогенних мікроорганізмів. Відповідно до висновку, якого дійшла група фахівців (НАССР), технологічна операція з термічної обробки (пастеризація) буде заходом контролю та критичною точкою контролю (КТК) небезпечного біологічного фактора (рис. 1).

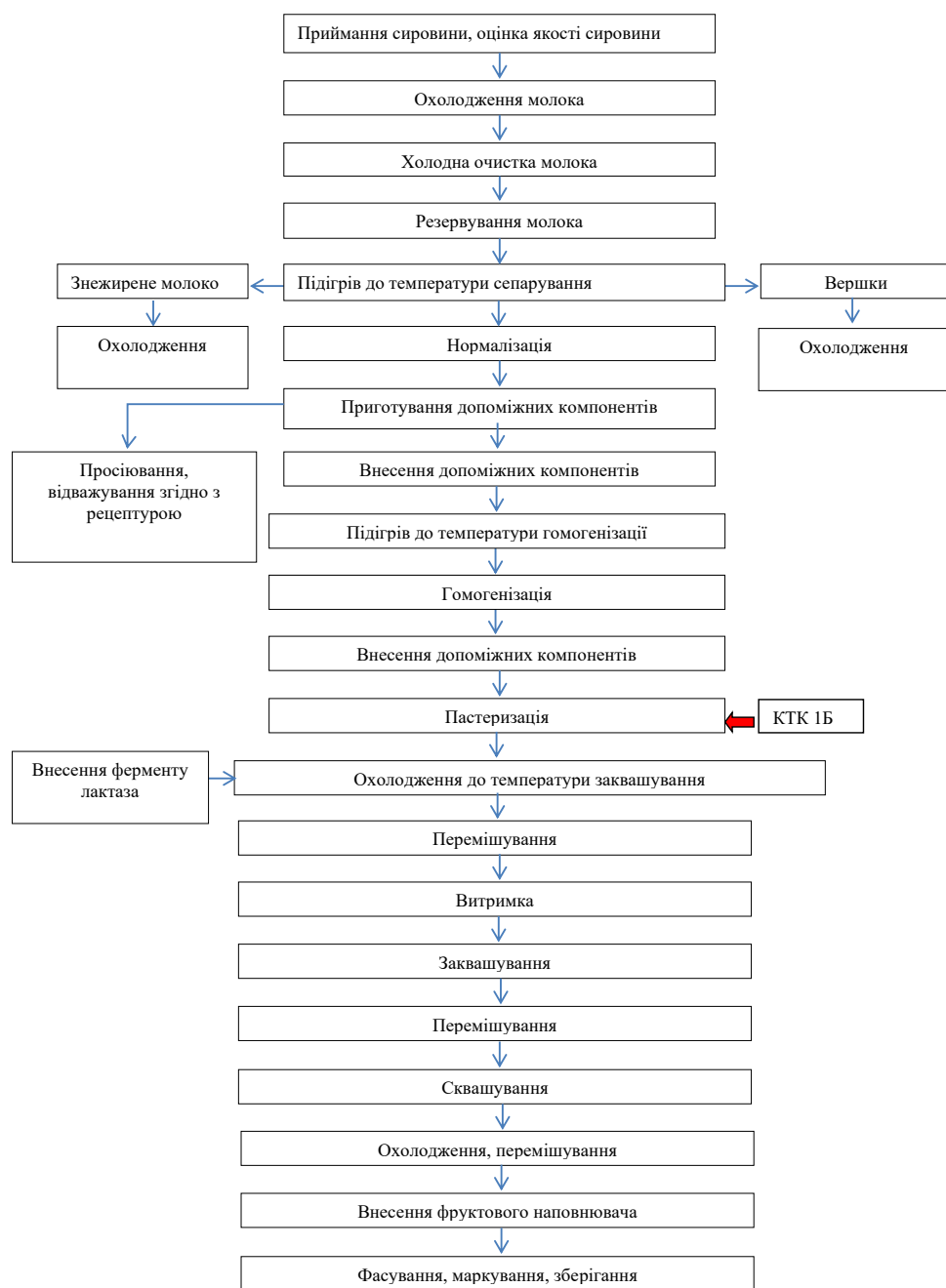


Рис. 1. Технологічна схема виробництва безлактозного йогурту

План НАССР відповідно буде базуватися на високотемпературній пастеризації (без витримки) та включатиме КТК 1Б, розроблену з метою запобігання наявності вегетативних патогенів у готовому продукті (табл. 2). План НАССР, як і вся

документована система, може змінюватися та/або адаптуватися для будь-яких кисломолочних продуктів та технічних рішень. Аналіз небезпечних чинників та визначення КТК для виробництва безлактозного йогурту враховує приймання молочних складників, їх зберігання та теплову обробку, а немолочні компоненти, що входять у рецептуру, вважаються такими, що не вимагають обмежень часу чи температури зберігання. Початкова мікробіологічна забрудненість цих продуктів аналізується згідно з рекомендаціями виробника. Однак слід пам'ятати, що будь-які зміни програми мають бути проаналізовані з точки зору ризиків та можливості появи КТК.

Слід також зазначити, що система безпечності вимагає повної поінформованості для потенційного споживача продукту. Тому в описі продукту слід вказати всі складники рецептури, умови зберігання і, що важливо, потенційних споживачів. Потрібно обов'язково звернути увагу на те, що продукт безлактозний і може бути рекомендований тим групам людей, які страждають на непереносимість лактози.

Висновки і пропозиції. У роботі проаналізовано та обґрунтовано актуальність вибраної теми. В результаті проведеного аналізу аргументовано вибір рецептурних компонентів для виробництва безлактозного йогурту. На основі літературних доказів встановлена функціональність продукту. Задokumentовано результат аналізу небезпечних факторів та підтверджено вибір КТК.

Таблиця 2

План НАССР

КТК	Ризики	Критичні межі	Моніторинг				Коригувальні дії	Перевірка	Документи
			що	як	частота	хто			
Пастеризація	Б – вегетативні патогени	Температура $\geq 92 \leq 98^{\circ}\text{C}$	Температура	Перевірка, запис	Кожні 2 год.	Оператор	Відділити продукт, провести оцінку якості та безпечності (переробка / утилізація), задокументувати дії	Порівняння показників термометрів, манометрів. Перевірка записів. Калібрування обладнання.	Журнали: контролю температури, контролю КТК, калібрування обладнання. Блок-схеми виробництва продукту. Записи коригувальних дій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Radiomodifying Effect of X-Ray Radiation on Microflora of Yogurts with Ultradisperse Powders of *Beta vulgaris* / Samilyk M.M., Gelih A.O., Kalinkevich O.V., Bolgova N.V., Shelest I.V., Trofimenko Y.V. 2020 *IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP)* (9–13 Nov. 2020). Sumy : IEEE, 2020. P. 02IT05-1–02IT05-5. DOI: 10.1109/NAP51477.2020.9309550.

2. Samilyk M. Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators / M. Samilyk, A. Helikh, T. Ryzhkova, N. Bolgova, Y. Nazarenko. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. No. 2/11(104). P. 46–51. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.1995273.

3. Коваленко Т.В. Удосконалення рецептури йогурту з використанням рослинної сировини / Т.В. Коваленко, Н.В. Болгова. *Food Additives. Healthy Man and Human Patient Diet: proceedings of IX International scientific and practical Internet-conference* (23 October 2020). Prague : Oktan-Print s.r.o., 2020 P. 20–21. DOI: 10.46489/FAHM-01.

4. Dekker P. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits / P. Dekker, D. Koenders, M.J. Bruins. *Nutrients*. 2019. 11(3). P. 551. URL: <https://doi.org/10.3390/nu11030551>.

5. Трубінова А.А. Розробка технології низьколактозного морозива на основі безлактозного концентрату маслянки / А.А. Трубінова, О.Б. Чабанова, Т.С. Шараматова, С.М. Бондар, Є.М. Савчак. *Вісник НТУ «ХП»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків : НТУ «ХП». 2018. № 45 (1321). С. 214–227. DOI:10.20998/2413-4295.2018.45.30.

6. Минин П.С. Технология производства безлактозного молока с применением баромембранных процессов / П.С. Минин, В.А. Тимкин. *Переработка молока : отраслевой специализир. журнал*. 2019. № 12. С. 52–53.

7. Тимкин В.А. Технология производства безлактозного молока методом диафильтрации / В.А. Тимкин, П.С. Минин. *Молочная промышленность: научно-технич. и производств.* 2018. № 12. С. 58–59.

8. Бань М.Ф. Тенденции развития рынка безлактозного молока в Республике Беларусь / М.Ф. Бань, Н.М. Кириленко. *Союз науки и практики: актуальные проблемы и перспективы развития товароведения : сборник научных статей международной научно-практической конференции (г. Гомель, 4 ноября 2016 г.)* / под. науч. ред. В.Е. Сышко и Е.В. Рощиной. Гомель : Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, 2016. С. 101–103.

9. Антипова Т.А. Исследования в области разработки низколактозных смесей для детского питания / Т.А. Антипова, С.В. Фелик, С.В. Симоненко, А.Е. Седова. *Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. матер. III Междунар. научн.-практ. (г. Краснодар, 8–19 апреля 2019 г.)*. 2019. Ч. 2. С. 28–32. URL: http://www.vniitti.ru/conf/conf2019/articles/AntipovaT.A._FelikS.V._SimonenkoS.V._SedovaA.E._statya.pdf.

10. Краснова Ю.В. Создание низколактозной молочной сыворотки с использованием бактериальной β -галактозидазы / Ю.В. Краснова, С.Н. Бутова, Е.Р. Вольнова, Ю.В. Николаева. *Health, Food & Biotechnology*. 2019. № 1(4). С. 105–113. DOI: [org/10.36107/hfb.2019.i4.s282](https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i4.s282).

11. Бурова Т.Е. Биотехнология низколактозных молочно-фруктовых десертов и напитков на основе молочной сыворотки / Т.Е. Бурова, О.Е. Рачевская. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016. № 8 (50). Ч. 2. С. 9–14. DOI: 10.18454/IRJ.2016.50.215.

12. Тихомирова Н.А. Низколактозный кисломолочный продукт с растительными компонентами / Н.А. Тихомирова, З.В. Волокитина, Б.Т. Нгуев. *Молочная промышленность: научно-технич. и производств.* 2020. № 6. С. 35–37.

13. Кузьма В.В. Впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів на основі концепції HACCP. *Modern Economics*. 2019. № 14. С. 115–120. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V14\(2019\)-19](https://doi.org/10.31521/modecon.V14(2019)-19).

14. Семко Т.В. Безпечність продукції по принципах HACCP. *ЛОГОС. Мистецтво наукової думки*. 2018. № 1. С. 152–153.

15. Семко Т.В. Вимоги ЄС щодо безпечності харчових продуктів та особливості впровадження системи HACCP у м'ясній промисловості України / Т.В. Семко, О.А. Іваніщева. *Продовольчі ресурси*. 2018. № 11. С. 155–165. URL: <https://doi.org/10.31073/foodresources2018-11-18>.

16. Іваніщева О. Особливості впровадження системи HACCP на м'ясопереробних підприємствах України / О. Іваніщева, О. Пахомська. *Молодий вчений*. 2020. № 9(85). С. 98–101. URL: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-9-85-23>.

17. Микійчук М.М. Етапи розроблення системи HACCP на молокопереробному підприємстві / М.М. Микійчук, С.Д. Остап'юк. *Енергетика і автоматика*. 2017. № 1. С. 123–131.

18. Мардар М. Використання принципів HACCP для забезпечення якості та безпечності продуктів на підприємствах роздрібної торгівлі / М. Мардар, І. Устищенко, О. Кручек, А. Макар. *Наукові праці ОНАХТ*. 2018. № 48. С. 171–182. DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v0i48.811>.

19. Петровська І.О. Впровадження системи НАССР у закладах швидкого харчування / І.О. Петровська, О.Г. Мітал, С.А. Мітал. *Економіка та підприємництво*. 2020. № 1(112). С. 119–124. DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2020-1-20>.
20. Адамчук Т.В. Регламенти використання підсолоджувача сукралози Е 955. *Сучасні проблеми токсикології*. 2011. № 5. С. 107.
21. Baird I.M. Repeated dose study of sucralose tolerance in human subjects / I.M. Baird, N.W. Shephard, R.J. Merritt, G. Hildick-Smith. *Food Chemical Toxicology*. 2000. Vol. 38 (Supplement 2). P. 123–129. DOI: 10.1016/S0278-6915(00)00035-1.
22. Schiffman S.S. Sucralose, A Synthetic Organochlorine Sweetener: Overview of Biological Issues / S.S. Schiffman, K.I. Rother. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part B, Critical Reviews*. 2013. T. 16, No. 7. P. 399–451. DOI: 10.1080/10937404.2013.842523.
23. Short-Term Consumption of Sucralose with, but Not without, Carbohydrate Impairs Neural and Metabolic Sensitivity to Sugar in Humans / J.R. Dalenbergh, B.P. Patel, R. Denis, M.G. Veldhuizen, Y. Nakamura, P.C. Vinke et. al. *Cell Metabolism*. 2020. Vol. 31(3). P. 493–502.e7. DOI: 10.1016/j.cmet.2020.01.014.
24. Гніцевич В.А. Розробка технології напівфабрикату для рибних січених виробів геродістичного призначення / В.А. Гніцевич, А.В. Слащева, В.М. Любієва. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2016. Вип. 33. С. 19–27.
25. Iorgachev E. Симбіотичні добавки в технології вафельних виробів / E. Iorgachev, H. Korkach, T. Lebedenko, O. Kotuzaki. *Food Science and Technology*. 2019. № 13(1). URL: <https://doi.org/10.15673/fst.v13i1.1310>.
26. Яковлева Л.В. Клінічна ефективність лактулози / Л.В. Яковлева, О.Б. Леницька, Є.О. Ковальова, Д.М. Бабенко. *Дитячий лікар*. 2012. № 5. С. 48–54.
27. Кутах Д. Новые перспективы развития рынка лактулозы в Украине. *Аптека. ua*. 2011. URL: <https://www.apteka.ua/article/69031>.
28. Zdunczyk Z. Physiological effects of lactulose and inulin in the caecum of rats / Z. Zdunczyk, J. Juskiewicz, M. Wroblewska, B. Krol. *Arch. Anim. Nutr.* 2004. Vol. 58 (1). P. 89–98.
29. Tuohy K.M. A human volunteer study to determine the prebiotic effects of lactulose powder on human colonic microbiota / K.M. Tuohy, C.J. Ziemer, A. Klinder, Y. Knöbel, B.L. Pool-Zobel, G.R. Gibson. *Microbial Ecology in Health and Disease*. 2002. Vol. 14. P. 165–173. <https://doi.org/10.1080/089106002320644357>.
30. Болгова Н.В. Функціональні продукти харчування на основі молочної сироватки. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь : ТДАТУ*. 2016. Вип. 16, Т. 1. С. 105–112.
31. Болгова Н.В. Пектин у технології виробництва функціональних молочних продуктів. *Технології XXI века : Сборник тезисов по материалам 22-й международной научной конференции (12–17 сентября 2016 г.)*. Сумы, 2016. Ч. 1. С. 54–55.
32. Кукин М.Ю. Применение пектина для создания продуктов здорового питания / М.Ю. Кукин, А.Г. Николаев. *Молочная промышленность*. 2016. № 3. С. 67–68.
33. Гойко І.Ю. Дослідження впливу пектину на сквашування молочної суміші для отримання кисломолочного напою / І.Ю. Гойко, І.А. Івасенко. *Харчова промисловість*. 2012. № 13. С. 15–18.
34. Gruba S.O. Йододефіцитні захворювання у пацієнтів із когнітивними проявами та їх профілактика / S.O. Gruba, U.O. Naumova. *Медсестринство*. 2021. № 4. С. 41–43. URL: <https://doi.org/10.11603/2411-1597.2020.4.11872>.
35. Dalievska C.D. Changes in physicochemical and microbiological parameters of yogurt with the addition of biologically active iodine during storage / C.D. Dalievska, O. Pokotylo. *New York. TK Meganom LLC. Innovative Solutions in Modern Science*. 2021. No. 3(47). DOI: 10.26886/2414-634X.3(47)2021.13.
36. Polzonetti V. Dietary Intake of Vitamin D from Dairy Products Reduces the Risk of Osteoporosis / V. Polzonetti, S. Pucciarelli, S. Vincenzetti, P. Polidori. *Nutrients*. 2020. No. 12 (6). P. 1743. DOI: 10.3390/nu12061743.

37. Caroli A. Invited review: Dairy intake and bone health: a viewpoint from the state of the art / A. Caroli, A. Poli, D. Ricotta, G. Banfi, D. Cocchi. *J Dairy Sci.* 2011. Nov. 94(11). P. 5249–62. DOI: 10.3168/jds.2011-4578.
38. Combined low vitamin D and K status amplifies mortality risk: a prospective study / Van Ballegooijen A.J., Beulens J.W.J., Kieneker L.M., de Borst M.H., Gansevoort R.T., Kema I.P. et al. *European Journal of nutrition.* 2021. No. 60(3). P. 1645–1654. URL: <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02352-8>.
39. “Lactase”. URL: <https://www.britannica.com/science/lactase>.
40. Causes and diagnosis of lactose intolerance. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK310263/>.

REFERENCES:

1. Samilyk, M.M., Gelih, A.O., Kalinkevich, O.V., Bolgova, N.V., Shelest, I.V., Trofimenko, Y.V., & et al. (2020). Radiomodifying Effect of X-Ray Radiation on Microflora of Yogurts with Ultradisperse Powders of Beta vulgaris. *2020 IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP)*. (pp. 02IT05-1–02IT05-5). Sumy: IEEE. DOI: 10.1109/NAP51477.2020.9309550 [in Ukrainian].
2. Samilyk, M., Helikh, A., Ryzhkova, T., Bolgova N., & Nazarenko, Y. (2020). Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/11(104), 46–51. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.1995273 [in Ukrainian].
3. Kovalenko, T.V., & Bolgova, N.V. (2020). Udoskonalennia retseptury yohurtu z vykorystanniam roslynnoi syrovyny [Improving the recipe of yogurt using vegetable raw materials]. *Food Additives. Healthy Man and Human Patient Diet : proceedings of IX International scientific and practical internet conference. Prague.* (pp. 20–21). Oktan-Print s.r.o. DOI: 10.46489/FAHM-01 [in Ukrainian].
4. Dekker, P., Koenders, D., & Bruins, M.J. (2019). Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. *Nutrients*, 11(3), 551. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/nu11030551>.
5. Trubnikova, A.A., Chabanova, O.B., Sharakhmatova, T.Ie., Bondar, S.M., & Savchak, Ye.M. (2018). Rozrobka tekhnolohii nyzkolaktoznoho morozyva na osnovi bezlaktoznoho konsentratu maslianky [Development of low-lactose ice cream technology based on lactose-free buttermilk concentrate]. *Visnyk NTU “KhPI”, Seriya: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh – Bulletin of NTU “KhPI”, Series: New solutions in modern technologies*. Kharkiv: NTU “KhPI”, 45(1321), 214–227. DOI: 10.20998/2413-4295.2018.45.30 [in Ukrainian].
6. Minin, P.S., & Timkin, V.A. (2019). Tehnologija proizvodstva bezlaktoznogo moloka s primeneniem baromembrannykh processov [Technology for the production of lactose-free milk using baromembrane processes]. *Pererabotka moloka: otraslevoj specializ. zhurnal – Milk Processing: Industry Specialist journal*, 12, 52–53 [in Russian].
7. Timkin, V.A., & Minin, P.S. (2018). Tehnologija proizvodstva bezlaktoznogo moloka metodom diafil'tracii [Technology for the production of lactose-free milk by diafiltration]. *Molochnaja promyshlennost': nauchno-tehnich. i proizvodstv – Dairy industry: scientific and technical. and production*, 12, 58–59 [in Russian].
8. Ban', M.F., & Kirilenko, N.M. (2016). Tendencii razvitiya rynka bezlaktoznogo moloka v Respublike Belarus' [Development trends of the lactose-free milk market in the Republic of Belarus]. *Sojuz nauki i praktiki: aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya tovarovedeniya: sbornik nauchnykh statej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii – Union of Science and Practice: Actual Problems and Prospects for the Development of Commodity Science: Collection of Scientific Articles of the International Scientific and Practical Conferenc.* (pp. 101–103). Gomel: Belorusskij torgovo-jekonomicheskij universitet potrebitel'skoj kooperacii [in Belarussian].

9. Antipova, T.A., Felik, S.V., Simonenko, S.V., & Sedova, A.E. Issledovaniya v oblasti razrabotki nizkolaktoznyh smesej dlja detskogo pitaniya [Research into the development of low-lactose infant formula]. *Innovacionnye issledovaniya i razrabotki dlja nauchnogo obespecheniya proizvodstva i hraneniya jekologicheski bezopasnoj sel'skohozjajstvennoj i pishhevoj produkcii: sb. mater. III Mezhdunar. nauchn.-prakt. – Innovative research and development for scientific support of production and storage of environmentally friendly agricultural and food products: collection of articles. mater. III Int. scientific-practical.* (pp. 28–32). Krasnodar. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.36603/6> [in Russian].
10. Krasnova, Ju.V., Butova, S.N., Vol'nova, E.R., & Nikolaeva, Ju.V. (2019). Sozdanie nizkolaktoznoj molochnoj syvrotki s ispol'zovaniem bakterial'noj β -galaktozidazy [Creation of low lactose whey using bacterial β -galactosidase]. *Health, Food & Biotechnology*, 1(4), 105–113. DOI: [org/10.36107/hfb.2019.i4.s282](https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i4.s282) [in Russian].
11. Burova, T.E., & Rachevskaja, O.E. (2016). Biotehnologija nizkolaktoznyh molochno-fruktovyh desertov i napitkov na osnove molochnoj syvrotki [Biotechnology of low-lactose milk-fruit desserts and drinks based on milk whey]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal – International research journal*, 8(50), 2, 9–14. DOI: [10.18454/IRJ.2016.50.215](https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.50.215) [in Russian].
12. Tihomirova, N.A., Volokitina, Z.V., & Nguev, B.T. (2020). Nizkolaktoznyj kislomolochnyj produkt s rastitel'nymi komponentami [Low-lactose fermented milk product with plant components]. *Molochnaja promyshlennost': nauchno-tehnich. i proizvodstv – Dairy industry: scientific and technical. and production*, 6, 35–37 [in Russian].
13. Kuzoma, V.V. (2019). Vprovadzhennia systemy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv na osnovi kontseptsii HACCP [Implementation of a food safety management system based on the HACCP concept]. *Modern Economics*, 14, 115–120, DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V14\(2019\)-19](https://doi.org/10.31521/modecon.V14(2019)-19) [in Ukrainian].
14. Semko, T.V. (2018). Bezpechnist produktsii po pryntsyph HACCP [Product safety according to HACCP principles]. *ΛΟΗΟΣ. Μυστηστω naukovoi dumky – ΛΟΓΟΣ. The art of scientific thought*, 1, 152–153 [in Ukrainian].
15. Semko, T.V., & Ivanishcheva, O.A. (2018). Vymohy YeS shchodo bezpechnosti kharchovykh produktiv ta osoblyvosti vprovadzhennia systemy HACCP u miasnii promyslovosti Ukrainy [EU requirements for the safety of food products and the peculiarities of the implementation of the HACCP system in the meat industry of Ukraine]. *Prodovolchi resursy – Food resources*, 11, 155–165. Retrieved from: <https://doi.org/10.31073/foodresources2018-11-18> [in Ukrainian].
16. Ivanishcheva, O., & Pakhomskaja, O. (2020). Osoblyvosti vprovadzhennia systemy HACCP na miasopererobnykh pidpriemstvakh Ukrainy [Features of HACCP system implementation at meat processing enterprises of Ukraine]. *Molodyi vchenyi – A young scientist*, 9(85), 98–101. Retrieved from: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-9-85-23> [in Ukrainian].
17. Mykyichuk, M.M., & Ostapiuk, S.D. (2017). Etapy rozroblennia systemy HACCP na molokopererobnomu pidpriemstvi [Stages of HACCP system development at a milk processing enterprise]. *Enerhetyka i avtomatyka – Energy and automation*, 1, 123–131 [in Ukrainian].
18. Mardar, M., Ustylenko, I., Kruchek, O., & Makar, A. (2018). Vykorystannia pryntsyviv HACCP dlja zabezpechennia yakosti ta bezpechnosti produktiv na pidpriemstvakh rozdribnoi torhivli [Using HACCP principles to ensure product quality and safety in retail outlets]. *Naukovi pratsi ONAKhT – Scientific works of ONAHT*, 48, 171–182. DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v0i48.811> [in Ukrainian].
19. Petrovska, I.O., Mital, O.H., & Mital, S.A. (2020). Vprovadzhennia systemy HACCP u zakladakh shvydkoho kharchuvannia [Introduction of the HACCP system in fast food establishments]. *Seriia: Ekonomika ta pidpriemnytstvo – Series: Economics and*

Entrepreneurship, 1(112), 119–124. DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2020-1-20> [in Ukrainian].

20. Adamchuk, T.V. (2011). Rehlamenti vykorystannia pidsolodzhuvacha sukralozy E 955 [Regulations for the use of sucralose sweetener E 955]. *Modern problems of toxicology*, 5, 107 [in Ukrainian].

21. Baird, I.M., Shephard, N.W., Merritt, R.J., & Hildick-Smith, G. (2000). Repeated dose study of sucralose tolerance in human subjects. *Food Chemical Toxicology*, 38 (2), 123–129. DOI: 10.1016/S0278-6915(00)00035-1.

22. Susan S., Schiffman, & Kristina I., Rother. (2013). Sucralose, A Synthetic Organochlorine Sweetener: Overview of Biological Issues. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part B, Critical Reviews*, 16, 7, 399–451. DOI: 10.1080/10937404.2013.842523.

23. Dalenberg J.R., Patel B.P., Denis R., Veldhuizen M.G., Nakamura Y., Vinke P.C. & et. al. (2020). Short-Term Consumption of Sucralose with, but Not without, Carbohydrate Impairs Neural and Metabolic Sensitivity to Sugar in Humans. *Cell Metabolism*, 31(3), 493–502.e7. DOI: 10.1016/j.cmet.2020.01.014.

24. Hnitsevykh, V.A., Slashcheva, A.V., & Liubiieva, V.M. (2016). Rozrobka tekhnolohii napivfabrykatu dlia rybnykh sichenykh vyrobiv herodiietychnoho pryznachennia [Development of semi-finished product technology for hereditary fish products]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv – Equipment and technologies of food production*, 33, 19–27 [in Ukrainian].

25. Iorgachev, E., Korkach, H., Lebedenko, T., & Kotuzaki, O. (2019). Symbiotychni dobavky v tekhnolohii vafelnykh vyrobiv [Symbiotic additives in wafer products technology]. *Food Science and Technology*, 13(1). Retrieved from: <https://doi.org/10.15673/fst.v13i1.1310> [in Ukrainian].

26. Iakovlieva, L.V., Lenytska, O.B., Kovalova, Ye.O., Babenko, & D.M. (2012). Klinichna efektyvnist laktulozy [Clinical efficacy of lactulose]. *Dytiachyi likar – Pediatrician*, 5, 48–54 [in Ukrainian].

27. Kutah, Dar'ja. (2011). Novye perspektivy razvitija rynka laktulozy v Ukraine [New prospects for the development of the lactulose market in Ukraine]. *Apteka.ua – Pharmacy.ua*. Retrieved from: <https://www.apteka.ua/article/69031> [in Ukrainian].

28. Zdunczyk, Z., Juskiewicz, J., Wroblewska, M., & Krol, B. (2004). Physiological effects of lactulose and inulin in the caecum of rats. *Arch. Anim. Nutr.*, 58(1), 89–98.

29. Tuohy K.M., Ziemer C.J., Klinder A., Knöbel Y., B.L. Pool-Zobel B.L., & Gibson G.R. (2002). A human volun teer study to determine the prebiotic effects of lactulose powder on human colonic microbiota. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 14, 165–173. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/089106002320644357>.

30. Bolgova, N.V. (2016). Funktsionalni produkty kharchuvannia na osnovi molochnoi syrovatky [Functional foods based on whey]. *Zbirnyk naukovykh prats Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu – Collection of scientific works of Tavriya State Agrotechnological University*. Issue 16, Vols. 1, pp. 105–112. Melitopol: TSATU [in Ukrainian].

31. Bolgova, N.V. (2016). Pektyn u tekhnolohii vyrobnytstva funktsionalnykh molochnykh produktiv [Pectin in the technology of production of functional dairy products]. *Tekhnologii XXI veka: Sbornik tezisov po materialam 22j mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii – Technologies of the XXI century: Collection of abstracts based on the materials of the 22nd international scientific conference*. Pp. 54–55. Sumy [in Ukrainian].

32. Kukin, M.Ju., & Nikolaev, A.G. (2016). Primenenie pektina dlja sozdaniia produktov zdorovogo pitaniia [Using pectin to create healthy foods]. *Molochnaja promyshlennost' – Dairy industry*, 3, 67–68 [in Russian].

33. Hoiko, I.Iu., & Ivasenko, I.A. (2012). Doslidzhennia vplyvu pektynu na skvashuvannia molochnoi sumishi dlia otrymannia kyslomolochnoho napoiu [Study of

the effect of pectin on the fermentation of the milk mixture to obtain a fermented milk drink]. *Kharchova promyslovist – Food Industry*, 13, 15–18 [in Ukrainian].

34. Gruba, S.O., & Naumova, U.O. (2021). Yododefitsytni zakhvoriuvannia u patsiientiv iz kohnityvnymy proiavamy ta yikh profilaktyka [Iodine deficiency diseases in patients with cognitive manifestations and their prevention]. *Medsestrynstvo – Nursing*, 4, 41–43. Retrieved from: <https://doi.org/10.11603/2411-1597.2020.4.11872> [in Ukrainian].

35. Citation, D. Dalievska, & O., Pokotylo. (2021). Changes in physicochemical and microbiological parameters of yogurt with the addition of biologically active iodine during storage. *New York. TK Meganom LLC. Innovative Solutions in Modern Science*, 3(47). DOI: 10.26886/2414-634X.3(47)2021.13.

36. Valeria, Polzonetti, Stefania, Pucciarelli, Silvia, Vincenzetti, & Paolo, Polidori. (2020). Dietary Intake of Vitamin D from Dairy Products Reduces the Risk of Osteoporosis. *Nutrients*, 12, 6, 1743. DOI:10.3390/nu12061743.

37. Caroli, A., Poli, A., Ricotta, D., Banfi, G., & Cocchi, D. (2011). Invited review: Dairy intake and bone health: a viewpoint from the state of the art. *J Dairy Sci*, 94(11), 5249–62. DOI: 10.3168/jds.2011-4578.

38. Van Ballegooijen A.J, Beulens J.W.J., Kieneker L.M., de Borst M.H., Gansevoort R.T., Kema I.P., & et al. (2021). Combined low vitamin D and K status amplifies mortality risk: a prospective study. *European journal of nutrition*, 60(3), 1645–1654. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02352-8>.

39. “Lactase”. Retrieved from: <https://www.britannica.com/science/lactase>.

40. Causes and diagnosis of lactose intolerance. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK310263/>.

УДК 637.521:613.292

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.5>

ВПЛИВ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗАМОРОЖЕНИХ М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Желєва Т.С. – кандидат технічних наук,

доцент кафедри технології м'яса

Державного біотехнологічного університету

ORCID ID: 0000-0002-5701-6543

Розуменко А.Р. – студент магістратури факультету переробних

і харчових виробництв

Державного біотехнологічного університету

ORCID ID: 0000-0003-3277-1785

Ця стаття присвячена вивченню впливу харчових добавок рослинного походження, зокрема чотирьох видів харчових волокон, на функціонально-технологічні властивості заморожених м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці. З огляду на результати проведених аналітичних досліджень встановлено, що серед харчових добавок рослинного походження, які забезпечують збереження якості та стабілізацію структури м'ясних систем під час виробництва заморожених м'ясних напівфабрикатів та чинять позитивний вплив на організм людини, можна виділити харчові волокна. Експериментальні дослідження з визначення їх впливу на функціонально-технологічні властивості заморожених м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці дозволили відзначити апельсинові харчові волокна «Citri-Fi».

Отримані дані дослідження підтверджують, що апельсинові волокна «Citri-Fi» мають дуже високу здатність утримувати воду. Відзначено більш високі значення таких показників, як масова частка вологи, вологозв'язуюча, вологоутримуюча, жирутримуюча здатності й вихід (на 12...15% вищий порівняно з контролем). Визначено стабільність структурно-механічних властивостей та показника рН зразків після заморожування. Результати органолептичної оцінки встановлюють найкращі характеристики для зразка з апельсиновими волокнами «Citri-Fi», що мав гарний зовнішній вигляд і вигляд на розрізі, рівномірно перемішаний фарш, соковиту, ніжну консистенцію, приємний смак, запах, властиві доброякісній сировині, сіро-рожевий колір, оболонку з тіста не розірвану, не відсталу від фаршу.

Зважаючи на це, вважаємо перспективним подальший напрям робіт з розробки нових рецептур заморожених м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці із використанням харчових апельсинових волокон «Citri-Fi», що своєю чергою дасть можливість розширити асортимент високоякісної і конкурентоспроможної м'ясної продукції із заданими властивостями.

Ключові слова: харчові волокна, заморожені м'ясні напівфабрикати у тістовій оболонці, функціонально-технологічні властивості.

Zhelieva T.S., Rozumenko A.R. Influence of plant food additives on functional and technological properties of frozen meat semi-finished products

This article is devoted to the study of the influence of food additives of plant origin, in particular four types of dietary fiber, on the functional and technological properties of frozen meat semi-finished products in the dough shell. Given the results of analytical studies, it was found that among the dietary supplements of plant origin, which ensure the preservation of quality and stabilization of the structure of meat systems in the production of frozen meat products and have a positive effect on the human body, dietary fiber can be identified. Experimental studies to determine their effect on the functional and technological properties of frozen meat semi-finished products in the dough shell allowed to note the orange dietary fiber "Citri-Fi".

The obtained research data confirm that "Citri-Fi" orange fibers have a very high ability to retain water. Higher values of such indicators as mass fraction of moisture, moisture-binding,

moisture-retaining, fat-retaining abilities and yield (12...15% higher in comparison with the control) were noted. The stability of structural and mechanical properties and pH of samples after freezing was determined. The results of organoleptic evaluation establish the best characteristics for the sample with orange fibers "Citri-Fi", which had a good appearance and sectional view, evenly mixed minced meat, juicy, delicate texture, pleasant taste, odor, characteristic of good quality raw materials, gray-pink color, the shell of the dough is not torn, not behind the stuffing.

In view of this, we consider promising further work on the development of new recipes for frozen meat semi-finished products in a dough shell using dietary orange fiber "Citri-Fi", which in turn will expand the range of high quality and competitive meat products with specified properties.

Key words: dietary fiber, frozen meat semi-finished products in a dough shell, functional and technological properties.

Постановка проблеми. Виробництво заморожених м'ясних напівфабрикатів займає значну частку у м'ясопереробній промисловості країни [1].

Одним із напрямів бізнесу на ринку замороженої м'ясної продукції є виробництво саме м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці. Дані динаміки виробництва заморожених напівфабрикатів та рівня їх споживання людиною свідчать про щорічне зростання попиту на таку продукцію на рівні 2...3%, незважаючи на те, що Україна значно поступається за рівнем споживання напівфабрикатів країнам Європи. Структура українського ринку істотно відрізняється від світової, що зумовлене національними особливостями культури харчування, – ринок орієнтований на виробництво пельменів і вареників [2].

Під час виробництва заморожених м'ясних напівфабрикатів існує необхідність збереження якості та стабілізації структури м'ясних систем, особливо січених, шляхом застосування добавок, що зменшували б вплив низьких температур процесу заморожування та регулювали би консистенцію виробів [3]. А відношення населення до здорового харчування вимагає, щоб такі добавки чинили позитивний вплив на організм людини. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом застосування харчових добавок рослинного походження, які мають широкий спектр функціонально-технологічних властивостей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кожний інгредієнт рецептури м'ясних виробів має певні функціональні властивості, які спрямовані на досягнення конкретних технологічних цілей. Тож вміло підібрані інгредієнти рецептури впливатимуть на якість готового виробу. З метою отримання заданої консистенції та її стабілізації протягом усього періоду зберігання м'ясних виробів виробники застосовують харчові добавки, грамотне використання яких може регулювати консистенцію виробів, та цілеспрямовано варіювати вміст основних компонентів у рецептурі продукту й замінити звичайну сировину на нову [4–6].

Науково-технічні розробки в харчовій промисловості нині спрямовані на створення комбінованих продуктів тваринного та рослинного походження. Виробництво комбінованих м'ясопродуктів передбачає взаємозбагачення їх складу, підвищення біологічної цінності, покращення органолептичних показників готової продукції, зниження її собівартості. Ці чинники визначають актуальність розвитку вітчизняного виробництва харчових добавок із сировини рослинного походження, що також зумовлено необхідністю вирішення низки соціально-економічних завдань, таких як покращення якості м'ясних виробів, підвищення ефективності виробництва на основі комплексного використання сировини, виробництво спеціалізованих продуктів для дієтичного, лікувально-профілактичного та лікувального харчування для певних категорій і груп населення, створення нових видів м'ясних продуктів [7; 8].

До харчових добавок рослинного походження, які мають широкий спектр функціонально-технологічних властивостей, належать харчові волокна. Вони

мають високу біологічну і фізіологічну активність, чинять вплив на структурно-механічні властивості готового виробу, зокрема його консистенцію, а також мають позитивний вплив на організм людини [4; 9].

Численні літературні дані [10–11] свідчать, що харчові волокна володіють високою жирозв'язуючою здатністю, стабілізуючими, структуроутримуючими властивостями, антиоксидантною дією, збільшуючи тим самим термін зберігання та покращуючи свіжість харчових продуктів, стійкі до заморожування-розморожування, покращують поживну цінність завдяки вмісту корисної для здоров'я людини дієтичної клітковини.

У м'ясних продуктах харчові волокна використовуються як стабілізатори фаршевих емульсій та напівфабрикатів заморожених для запобігання відділенню вологи під час зберігання виробів, збільшення виходу та покращення показників якості, збагачення м'ясних продуктів корисними для здоров'я харчовими волокнами [11–13].

Розробці технологій м'ясних напівфабрикатів із харчовими волокнами присвячено багато робіт [4; 9; 10; 13; 14], однак різноманіття харчових волокон вітчизняного та зарубіжного виробництва на ринку України потребує системних досліджень для окремих видів волокон. Відомо, що властивості харчових волокон визначаються структурою і співвідношенням їх формуючих компонентів, способом їх взаємної упаковки. Значною мірою особливості харчових волокон зумовлені видом рослини, її віком, технологією виділення. Тому харчові волокна різних видів рослин відмінні один від одного і в кожному конкретному випадку потрібна оцінка їхніх властивостей [15]. Це дозволило визначити напрям подальших експериментальних досліджень та їх актуальність.

Мета дослідження. Метою роботи стало вивчення впливу харчових добавок рослинного походження, зокрема харчових волокон, на функціонально-технологічні властивості заморожених м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці.

Предметом дослідження стала сировина та матеріали, що необхідні для виробництва заморожених м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці, та чотири види харчових волокон, представлених на ринку харчових добавок України: апельсинове волокно «Citri-Fi» (ТОВ «Джорджія»), морквяна клітковина «Нессе» (ТОВ «Мельниця приправ»), картопляна клітковина «Ротех» (ТОВ «Альфа-Нова»), пшенична клітковина «ВіаФайбер WF1000» (ТОВ «Віанокс»).

Досліджені зразки готували відповідно до рецептури та технологічної схеми виробництва пельменів «Сибірських» [16], м'ясна система за рецептурою яких виступала контрольним зразком для проведення дослідження. Волокна вносили у кількості 1% до маси м'яса, враховуючи рекомендації фірм-виробників для такого виду продукції. Сировина та матеріали, які використовувалися під час дослідження, за показниками якості й безпеки відповідали вимогам нормативної документації та сертифікатам відповідності фірм-виробників і дозволені для використання в Україні органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я в харчових продуктах. Підготовку та дослідження зразків здійснювали на кафедрі технології м'яса ДБТУ. Дослідження здійснювали за стандартними методиками з використанням відповідного обладнання [17].

Виклад основного матеріалу дослідження. Відомо, що однією з основних технологічних властивостей харчових волокон є їх здатність утримувати воду. Тому першим етапом наших досліджень було дослідження цього показника шляхом визначення втрат виходу харчових волокон (табл. 1).

Таблиця 1

Втрати виходу харчових волокон, %

Види харчових волокон	Втрати виходу, %
Апельсинове волокно «Citri-Fi»	29,0
Морквяна клітковина «Несце»	39,1
Картопляна клітковина «Potex»	54,9
Пшенична клітковина «ВіаФайбер»	58,2

Результати (табл. 1) свідчать, що найменші втрати характерні для зразка з волокнами «Citri-Fi». Отже, дані дослідження підтверджують, що апельсинові волокна «Citri-Fi» мають дуже високу здатність утримувати воду.

Наступним етапом наших досліджень стала оцінка впливу харчових волокон на функціонально-технологічні властивості заморожених м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці. Дослідження проводили до і після заморожування. Вихід і органолептичні показники визначали після теплової обробки (варіння).

Отримані дані функціонально-технологічних властивостей заморожених м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці з харчовими волокнами у їх складі наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Функціонально-технологічні властивості заморожених м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці з харчовими волокнами у їх складі

Показник	Зразок-контроль	Зразок із Citri-Fi	Зразок із Несце	Зразок із Potex	Зразок із ВіаФайбер
Масова частка вологи, %					
до заморожування	74,7	73,0	71,7	72,7	73,2
після заморожування	73,8	72,6	71,1	72,0	72,8
Вологозв'язуюча здатність, %					
до заморожування	46,8	54,5	55,4	54,1	54,3
після заморожування	44,5	52,9	54,3	53,2	53,7
Вологоутримуюча здатність, %					
до заморожування	50,1	53,8	54,6	51,7	52,9
після заморожування	49,7	53,1	51,3	51,5	51,8
Жирутримуюча здатність, %					
до заморожування	25,0	24,4	25,6	25,4	27,6
після заморожування	24,3	24,1	25,2	25,0	26,6
pH					
до заморожування	5,8	5,9	5,8	5,8	5,9
після заморожування	5,8	5,9	5,8	5,8	5,9
ГНЗ 10 ⁻² , Па					
до заморожування	54,5	87,2	87,0	87,2	87,3
після заморожування	54,2	87,1	87,0	87,0	87,2
Вихід, %					
до заморожування	120,5	135,6	134,2	136,7	131,4
після заморожування	118,2	133,8	132,1	134,7	129,3

Аналізуючи результати, можна відзначити, що внесення в м'ясні фарші всіх видів харчових волокон підвищує всі показники ступеня зв'язування води і жиру й відповідно виходу після теплової обробки порівняно з контролем. Відзначено підвищення міцності зразків у разі внесення харчових волокон. Харчові волокна не мали значного впливу на зміну рН м'ясних фаршів.

Загальна картина зміни властивостей дослідних зразків під впливом заморожування свідчить про зниження масової частки вологи, вологосв'язуючої, вологоутримуючої, жирутримуючої здатностей і виходу після заморожування. Однак тенденція більш високих значень таких показників зразків з харчовими волокнами зберігається і після заморожування. Так, вихід залишається вищим на 12...15% порівняно з контролем. Найбільш високі значення цього показника відзначені у зразків із Citri-Fi, Нессе і Potex. Структурно-механічні властивості зразків після заморожування практично не змінюються.

З огляду на загальний позитивний вплив усіх видів харчових волокон на функціонально-технічні властивості зразків після заморожування, особлива увага була приділена їх впливу на органолептичні показники.

У замороженому стані всі зразки мали однакові характеристики: незлиплі, нездеформовані пельмені круглої форми, краї тістової оболонки щільно склеєні, без виступів фаршу, під час струшування видавали характерний виразний звук.

Після термічної обробки пельмені з апельсиновими волокнами «Citri-Fi» мали гарний зовнішній вигляд і вигляд на розрізі, рівномірно перемішаний фарш, соковиту, ніжну консистенцію, приємний смак, запах, властиві доброякісній сировині, сіро-рожевий колір, оболонку з тіста не розірвану, не відсталу від фаршу.

Пельмені з клітковиною «ВіаФайбер» мали аналогічні показники кольору, смаку і запаху, проте консистенція була більш щільною та несоковитою.

Зразок із морквяною клітковиною «Нессе» мав добрі показники зовнішнього вигляду та вигляду на розрізі, смаку і запаху, однак спостерігалася незначна щільність та нерівномірність за кольором, що, ймовірно, пов'язано з нерівномірним розподілом клітковини.

Зразок із картопляною клітковиною «Potex» мав сторонній присмак та фарш, який дуже сильно відійшов від тістової оболонки.

Контролю був притаманний характерний для доброякісної сировини запах, смак і колір, суха та занадто щільна консистенція.

Висновки та пропозиції. Результати проведених досліджень щодо вивчення впливу харчових добавок рослинного походження на функціонально-технологічні властивості заморожених м'ясних напівфабрикатів дозволили відзначити апельсинові харчові волокна «Citri-Fi». Вважаємо перспективним подальший напрям робіт з розробки нових рецептур заморожених м'ясних напівфабрикатів у тістовій оболонці із використанням у їх рецептурному складі харчових апельсинових волокон «Citri-Fi», що своєю чергою дасть можливість розширити асортимент високоякісної і конкурентоспроможної м'ясної продукції із заданими властивостями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Свистун Т.В., Туз К.В. Аналіз ринку заморожених напівфабрикатів України. *Економіка харчової промисловості*. 2017. № 2 (9). С. 19–23.
2. Полуфабрикаты высокой степени готовности: обзор рынка и организация бизнеса. Киев, 2018. URL: <https://www.kreston-gcg.com> (дата звернення: 29.09.2021).

3. Лисицын А.Б., Иванкин А.Н., Вострикова Н.Л., Становова И.А. Изучение фракционного состава белков мяса в процессе длительного холодильного хранения. *Все о мясе*. 2014. № 2. С. 36–40.
4. Глушков О.А. Усовершенствование технологии производства быстрозамороженных мясных полуфабрикатов : дис. ... канд. тех. наук : 05.18.16. Одесса, 2010. 160 с.
5. Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Зайцев А.Н. Пищевые добавки. Москва, 2002. 256 с.
6. Бакулин О., Марташов Д. Загустители и структурообразователи. *Пищевая промышленность*. 1999. № 11. С. 30–32.
7. Баль-Прилипко Л.В. Актуальні проблеми галузі : навчальний посібник. Київ, 2010. 374 с.
8. Баль-Прилипко Л.В., Леонова Б.І. Традиційні та сучасні принципи використання речовин природного походження для виробництва високоякісних м'ясних продуктів. *Мясное дело*. 2010. № 11. С. 32–35.
9. Лазенков С.А., Ревенко Е.Ю. Пищевые волокна Justfiber как натуральный функциональный ингредиент. *Мясное дело*. 2004. № 8. С. 18–19.
10. Коновалов К.Л. Растительные ингредиенты в производстве мясных продуктов. *Пищевая промышленность*. 2006. № 4. С. 68–69.
11. Кватирка О. Клітковина: особливості використання харчових волокон у м'ясній промисловості. *М'ясні технології світу*. 2010. № 11. С. 28–32.
12. Димитрієвич Л.Р., Степанова Т.М., Маренкова Т.І. Харчові волокна в технології м'ясних продуктів. *Мясное дело*. 2011. № 4. С. 10–11.
13. Штонда О.А. Підвищення якості січених напівфабрикатів за рахунок використання харчових волокон. *М'ясні технології світу*. 2010. № 12. С. 48–50.
14. Желева Т.С., Янчева М.О., Большакова В.А. Суміші «KrioMeat» у технологіях виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених. *Розвиток технічних наук: проблеми та рішення : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Брно, 27–28 квітня 2018 р. Чеська Республіка, Брно, 2018 р.* С. 91–95.
15. Капрелянц Л.В., Іоргачова К.Г. Функціональні продукти : монографія. Одеса : Друк, 2003. 312 с.
16. Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Технология мяса и мясных продуктов. Москва, 2009. 565 с.
17. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов : учебное пособие. Москва, 2004. 571 с.

REFERENCES:

1. Svystun, T.V., & Tuz, K.V. (2017). Analiz rynku zamorozhenykh napivfabrykativ Ukrainy [Analysis of the Market of Frozen Semi-finished Products of Ukraine]. *Ekonomika kharchovoi promyslovosti – Economics of the food industry*, 2 (9), 19–23 [in Ukrainian].
2. Polufabrikaty vysokoy stepeni gotovnosti: obzor rynku i organizaciya biznesa [Highly prepared semi-finished products: market overview and business organization]. Retrieved from: <https://www.kreston-gcg.com> [in Ukrainian].
3. Lysytsyn, A.B., Yvankyn, A.N., Vostrykova, N.L., Stanovova, Y.A. (2014). Yzuchenye fraktsyonnoho sostava belkov miasa v protsesse dlytelnoho kholodylnoho khraneniya [The study of the fractional composition of proteins of meat in the process of long-term cold storage]. *Vse o myase – All about meat*, 2, 36–40 [in Russian].
4. Hlushkov, O.A. (2010). Usovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva bystrozamorozhennykh myasnykh polufabrikatov [Improvement of the technology for the production of frozen meat semi-finished products]. *Candidate's thesis*. Odessa [in Ukrainian].
5. Nechayev, A.P., Kochetkova, A.A., Zaitsev, A.N. (2002). Pishchevye dobavki [Nutritional supplements]. Moscow: Kolos [in Russian].

6. Bakulin, O., & Martashov, D. (1999). Zagustiteli i strukturoobrazovateli. [Thickeners and structurants]. *Pishchevaya promyshlennost – Food industry*, 11, 30–32 [in Russian].
7. Bal-Prylypko, L.V. (2010). Aktualni problemy haluzi [Current problems of the industry]. Kyiv [in Ukrainian].
8. Bal-Prylypko, L.V., & Leonova, B.I. (2010). Tradytsiini ta suchasni pryntsypy vykorystannia rechovyn pryrodnoho pokhodzhennia dlia vyrobnytstva vysokoiaakisnykh miasnykh produktiv [Traditional and modern principles of the use of natural substances for the production of high quality meat products]. *Miasnoe delo – Meat business*, 11, 32–35 [in Ukrainian].
9. Lazenkov, S.A., & Revenko, E.YU. (2004). Pishchevye volokna Justfiber kak natural'nyj funkcional'nyj ingredient [Dietary fiber Justfiber as a natural functional ingredient]. *Myasnoe delo – Meat business*, 8, 18–19 [in Ukrainian].
10. Konovalov, K.L. (2006). Rastitel'nye ingredienty v proizvodstve myasnykh produktov [Herbal ingredients in the production of meat products]. *Pishchevaya promyshlennost – Food industry*, 4, 68–69 [in Russian].
11. Kvaturka, O. (2010). Klitkovyna: osoblyvosti vykorystannia kharchovykh volokon u miasnii promyslovosti [Klitkovina: the peculiarities of the pickling of grub fibers in meat industry]. *Miasni tekhnolohii svitu – Meat technologies of world*, 11, 28–32 [in Ukrainian].
12. Dymytriiyevych, L.R., Stepanova, T.M., Marenkova, T.I. (2011). Kharchovi volokna v tekhnolohii miasnykh produktiv [Food fibers in the technology of meat products]. *Myasnoe delo – Meat business*, 4, 10–11 [in Ukrainian].
13. Shtonda, O. A. (2010). Pidvyshchennia yakosti sichenykh napivfabrykativ za rakhunok vykorystannia kharchovykh volokon [Adjusting the quality of many products due for the use of grub fibers]. *Miasni tekhnolohii svitu – Meat technologies of world*, 12, 48–50 [in Ukrainian].
14. Zhelieva, T.S., Yancheva, M.O., Bolshakova, V.A. (2018). Sumishi “KrioMeat” u tekhnolohiiakh vyrobnytstva napivfabrykativ miasnykh posichenykh zamorozhenykh [The sums of “KrioMeat” in technologies of production of meats semi-finished products in many frozen]. *Materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiiyi “Rozvytok tekhnichnykh nauk: problemy ta rishennia” – Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Development of technical sciences: problems and solutions”*. Pp. 91–95. Brno.
15. Kapreliants, L.V., & Iorhachova, K.H. (2003). Funktsionalni produkty [Functional products]. Odesa: Druk [in Ukrainian].
16. Rohov, I.A., Zabashta, A.G., Kaziulyn, H.P. (2009). Tekhnolohiya miasa y miasnykh produktov [Technology of meat and meat products]. Moscow: KolosS [in Russian].
17. Antypova, L.V., Hlotova, I.A., Rohov, I.A. (2004). Metody issledovaniya miasa y miasnykh produktov [Methods of research of meat and meat products]. Moscow: KolosS [in Russian].

УДК 665

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.6>

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ ТА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКЦІЇ

Стріха Л.О. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технології переробки, стандартизації
та сертифікації продукції тваринництва

Миколаївського національного аграрного університету

ORCID ID: 0000-0002-9847-6036

Researcher ID: 3226-2018

Підпала Т.В. – доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри технології переробки, стандартизації
та сертифікації продукції тваринництва

Миколаївського національного аграрного університету

ORCID ID: 0000-0002-4072-7576

Researcher ID: 3745-2018

Петрова О.І. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технології переробки, стандартизації
та сертифікації продукції тваринництва

Миколаївського національного аграрного університету

ORCID ID: 0000-0001-8612-3981

Researcher ID: 2210-2018

Зюзько А.В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології переробки, стандартизації
та сертифікації продукції тваринництва

Миколаївського національного аграрного університету

ORCID ID: 0000-0002-0888-4854

Метою роботи є дослідження якості олії соняшникової нерафінованої, виготовленої за оптимізованої технології. Експериментальна робота передбачала модернізацію технологічного обладнання під час виконання операцій пресування та фільтрації та оптимізацію параметрів.

У процесі виробництва олії соняшникової нерафінованої перспективним є використання попереднього віджиму шляхом пресування на форпресах МП-68 за тиску в середній частині зерного простору 1,67–2,23 МПа з отриманням 60–85% форпресованої олії та форпресованої макухи, яку направляють на додатковий витяг олії.

Аудит показав, що удосконалення потребує розділення неоднорідних систем (суспензій). Це можливе у разі використання спеціальних фільтруючих перегородок, які пропускають рідку фазу (олію) і затримують тверду (віск). Також використовують спеціальні допоміжні фільтруючі засоби, роль яких полягає у захисті фільтруючої перегородки від закупорки пор; підтримання високої швидкості фільтрації та забезпечення потрібної чистоти фільтрату.

Аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників олії соняшникової нерафінованої, виготовленої за класичної та оптимізованої технології, яка включала використання удосконалених перфорованих вальців під час подрібнення, поліпшення параметрів форпресування та модифікованих фільтруючих перегородок (2 способи), довів ефективність цих прийомів, оскільки продукція відповідала вимогам державного стандарту. Встановлено, що запропоновані нами підходи забезпечили масову частку нежирових домішок не більше ніж 0,028%, а ступінь прозорості не більше ніж 26,1 фем.

Безпечність продукції підтверджується мікробіологічними показниками олії – кількість аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів не перевищувала 381 КУО/г (норма – 500).

Застосування удосконаленої технології переробки сировини підвищило ефективність виробництва та якість олійної продукції.

Ключові слова: технологія, олія соняшникова нерафінована, обладнання, форпресування, фільтрація, якість продукції.

Strikha L.O., Pidpala T.V., Petrova O.I., Ziuzko A.V. Research of optimized technology of sunflower oil production and product quality indicators

The aim of the work is to study the quality of unrefined sunflower oil made by optimized technology. The experimental work involved the modernization of technological equipment during pressing and filtration and optimization of parameters.

In the process of production of unrefined sunflower oil it is promising to use pre-pressing by performing it on MP-68 forepresses at a pressure in the middle part of the gap space of 1.67–2.23 MPa to obtain 60–85% of forepressed oil and forepressed oilcake, which is later sent for additional extraction of oil.

The audit showed that the improvement requires the separation of inhomogeneous systems (suspensions). This is possible when using special filter baffles, which pass the liquid phase (oil) and retain the solid one (wax).

Additionally, special auxiliary filter means are used, which role consists in protection of a filter partition against blockage of pores, maintaining a high filtration rate and ensuring the required purity of the filtrate.

Analysis of organoleptic and physicochemical parameters of unrefined sunflower oil made by classical and optimized technology, which included the use of advanced perforated rollers for grinding, improving the parameters of forepressing and modified filter baffles (2nd method), proved the effectiveness of these techniques as the products met the requirements of the state standard. It was found that our proposed approaches provided a mass fraction of non-fat impurities of not more than 0.028%, and the degree of transparency of not more than 26.1 fem.

Product safety is confirmed by microbiological indicators of oil: the number of aerobic and facultative-anaerobic microorganisms did not exceed 381 CFU/g (norm – 500).

The application of advanced raw material processing technology has increased the production efficiency and the quality of oil products.

Key words: technology, unrefined sunflower oil, equipment, forepressing, filtration, product quality.

Вступ. У сучасних умовах комплексна система управління якістю продукції являє собою узгоджену робочу структуру, яка діє на підприємстві і містить ефективні технічні й управлінські методи, котрі забезпечують найкращі найбільш практичні способи взаємодії людей, машин, а також інформації з метою виробництва продукції, яка відповідає визнаним міжнародним вимогам, що містяться у Міжнародних та Європейських стандартах з якості та сертифікації [1].

Постановка проблеми. За прогнозами, в 2019 році очікували зростання світового споживання рослинних олій на 30%, або 42 млн тонн, а світовий імпорт – на 34%, або на 20 млн тонн [2], що свідчить про перспективність цього ринку та визначає орієнтири для виробництва рослинних олій в Україні.

Олійно-жировий комплекс і насамперед основні його складники – вирощування й переробка насіння соняшнику – формують одну з найбільших галузей агропромислового комплексу України. Питома вага виробництва соняшника в групі олійних культур за цей період становила більше 70%.

Виробництво олії – досить важлива галузь харчової промисловості. Сучасний ринок пропонує нам широкий асортимент соняшникової олії різних виробників. Нині в Україні виготовляють олію соняшкову згідно зі стандартом ДСТУ 4492:2017 «Олія соняшникова. Технічні умови» [3].

Олія соняшникова пресова, екстракційна та суміш пресової з екстракційною призначена для промислового перероблення на харчові продукти. Для виробництва продуктів дитячого та дієтичного харчування використовують олію соняшкову пресову рафіновану дезодоровану виморожену та рафіновану дезодоровану невиморожену марки Д.

З метою забезпечення сталого, перспективного розвитку олійно-жирової галузі України вважаємо за необхідне провести реструктуризацію сировинної та технічної бази галузі.

Отже, актуальним є удосконалення технологій виробництва олії соняшникової за модернізації технологічного обладнання та оптимізації параметрів окремих операцій.

Мета – проведення досліджень оптимізованої технології виробництва олії соняшникової нерафінованої та визначення показників якості продукції. За удосконаленої технології (варіант 2) були використані перфоровані вальці для форпресування та модифіковані фільтруючі перегородки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Технологічний процес вилучення воскоподібних речовин із рослинних олій шляхом охолодження олій до температури утворення кристалів воску «вінтеризація» складається із поступового охолодження олії до температури кристалізації воску, подальшої витримки за цієї температури та видалення воску шляхом фільтрації [4].

Найбільші складнощі виникають у разі видалення воску методом фільтрації. Розділення неоднорідних систем рідина–тверді часточки (суспензії) можливе у разі використання спеціальних фільтруючих перегородок, які пропускають рідку фазу (олію) і затримують тверду (віск). Та не всі фільтруючі тканини здатні затримати найменші часточки суспензії.

Тому в промисловості використовують спеціальні допоміжні фільтруючі засоби (перліт, кізельгур та ін.), роль яких полягає у захисті фільтруючої перегородки від закупорки пор; підтримання високої швидкості фільтрації та подовження роботи фільтру без очищення; забезпечення потрібної чистоти фільтрату. Ці функції певною мірою важко сумісні. Рухомість рідини в транспортних порах фільтруючого засобу тим вища, чим більше відношення його проникності до густини середовища. Тому зниження густини фільтруючої рідини за рахунок збільшення її температури збільшує швидкість фільтрації. Однак використання температурного фактора обмежене можливістю розчинення твердої фази або хімічними змінами рідкої фази.

Іншим параметром, що впливає на швидкість фільтрації, є робочий тиск. Але підвищення тиску недопустиме, якщо фільтруюча речовина утворює практично непроникний стислий осад та якщо у разі підвищення тиску деякі вискодисперсні домішки проникають у фільтрат. У промисловості ці всі проблеми вирішують за допомогою підбору фільтруючого засобу на різних стадіях рафінації; поєднанням наливного шару на перегородці з дозованою подачею фільтруючого матеріалу в потік фільтруючої рідини; додаткове очищення фільтрату на поліруючих фільтрах [5; 6].

Процес фільтрації на стадії рафінації соняшникової олії – вінтеризації – ускладнюється через швидке засмічення фільтрів воском, який буквально обволікає фільтр загалом, закупорюючи його пори; труднощі очищення фільтрів від осаду та утворення значної кількості олієвмісних відходів. Також віск, який відфільтровується, не передбачає подальшого використання як самостійний товарний продукт, що призводить до його втрат у відходи [7].

Отже, шляхом дотримання поопераційного контролю за параметрами технологічних операцій та посилення контролю якості, відповідності продукції вітчизняним та світовим стандартам є можливість вітчизняним товаровиробникам зміцнити власні позиції на міжнародних ринках. Однак потрібно застосовувати сучасні технології переробки сировини, а також створювати вертикально інтегровані структури, підвищуючи ефективність виробництва та якість олійно-жирової продукції.

Виклад основного матеріалу досліджень. Миколаївський олійнопресовий завод «Екотранс» виробляє сире соняшникову олію за рахунок пресування обробленого насіння соняшнику у шнекових пресах потужністю 300 т за добу.

Дослідження були спрямовані на удосконалення виготовлення нерафінованої соняшникової олії згідно з ДСТУ 4492:2017 «Олія соняшникова. Технічні умови». Виробництво рослинної олії включає такі технологічні стадії, які відображено в таблиці 1.

Таблиця 1

Процеси випуску продукції ТОВ «Екотранс»

Назва процесу	Характеристика процесу
Планування випуску продукції	Формування комплексу заходів з удосконалення рівня організації робіт із забезпечення якості продукції, вибір, розроблення та впровадження прогресивних технологічних процесів, операцій, засобів контролю та випробувань. Планування та затвердження виробничих процесів.
Закупівля сировини, тари	Визначення вимог до документації, замовлень на закупівлю продукції, вибір та організація взаємодій з постачальниками. Планування та організація робіт з вхідного контролю продукції, а також з якості продукції. Реєстрація та оцінювання даних про якість купованої продукції, ведення претензійної роботи.
Очищення	Насіння очищають від сторонніх органічних та мінеральних домішок. Вміст сміття не повинен перевищувати 1%, а битого зерна – 3%. Очищають насіння за допомогою сепараторів різної конструкції з відкритим або закритим повітряним циклом.
Сушіння	Процес сушіння відбувається за умовою вологості насіння 7%. Якщо вологість насіння перед переробкою треба зменшити, застосовують теплове сушіння або активне вентильовання. Для сушіння використовують шахтні, барабанні та газові рециркуляційні сушарки.
Відділення ядра від оболонок	Процес шеретування відбувається шляхом відділення ядра від оболонок на насіннерушільних машинах МНР та відцентрових А1-МРЦ, після чого одержують суміш, яка називається рушанкою.
Подрібнення	Процес подрібнення ядра насіння відбувається на п'ятивальцьовому верстаті – вальцівка марки ВС-5. Ядро насіння соняшнику подрібнюється за чотири проходи через вальцові верстати.
Підсмаження	Процес підсмаження мезги відбувається шляхом зволоження парою до вологості 8–9% і нагрівання до температури 85°C та підсушуванням на жаровні, доводячи вміст вологи у ній до 2%, а температуру – до 115–120°C. Тривалість прожарювання 40–45 хв.
Форпресування	Попередній віджим олії відбувається шляхом пресування на форпресах МП-68 за тиску у середній частині зерного простору 1,67–2,23 МПа з отриманням 60–85% форпресованої олії та форпресову макуху, яку направляють на додатковий витяг олії. Мезгу направляють на остаточне пресування.
Фільтрація (очищення)	Процес очищення відбувається шляхом проходження пресової олії попереднього очищення та фільтрації через фільтри.
Охолодження	Процес охолодження відбувається шляхом проходження відфільтрованої олії через установку охолодження.
Розлив	Підготовка тари, забезпечення нормативної кількості фасованого продукту.

Технологічне обладнання підбірано відповідно до технологічної схеми і добової потреби його потужності. Згідно з технологічною схемою виробництва соняшникової олії розвантажене насіння з автотранспорту потрапляє в приймальний бункер, сюди ж через механічні засувки надходить насіння зі складу. Далі насіння направляється на очищення до сепаратору. Очищене насіння надходить на ваги, а згодом до виробництва.

На виробництві насіння подається на безперервне важення, проходить через сепаратор і надходить на конвеєр, за допомогою якого насіння розподіляється.

Далі йде розподілення у сепараторі на ядро та лушпиння, яке вивозиться з виробництва автотранспортом. Ядро з лушильно-сепараційного відділення подається на плющення для отримання м'ятки, яка направляється на прес.

За даними моніторингу процесів виробництва олії соняшникової, виявлена невідповідність на стадії технологічного процесу «подрібнення», згідно з проведеними лабораторними дослідженнями за ДСТУ 2575–94 [8].

Ми встановили, що головною причиною (фактором) виникнення невідповідності на підприємстві є застарілі деталі вальцевого станка, які в процесі подрібнення ядра погіршують якісні показники вихідного помелу (м'ятки), та зі зменшенням інтенсивності подрібнення зменшилися обсяги виготовленої продукції.

За рахунок встановлення нових модифікованих перфорованих вальців та модифікованих фільтруючих перегородок для фільтрації (**спосіб II**) на підприємстві поліпшили якість процесу подрібнення на 22% та відносно збільшили об'єм виробництва нерафінованої соняшникової олії.

Пресована олія проходить попереднє очищення, а згодом і фільтрацію. Відфільтрована олія прямує у збірну ємкість, а потім насосом подається на склад у баки через установку охолодження олії, де олія знижує температуру на 30 градусів Цельсія.

Відпускання олії на залізничний та автотранспорт відбувається через засувки. Суміш лушпиння та макухи проходять процес грануляції.

В умовах ТОВ «Екотранс» якість соняшникової олії контролюють у виробничо-технологічній лабораторії.

За органолептичними та фізико-хімічними показниками одержана олія соняшникова нерафінована відповідала вимогам, що зазначені у таблиці 2.

Матеріалізація показників якості фіксується технічним контролем, який є елементом системи управління якістю на підприємстві. Він, як складник виробничого процесу, об'єднує в комплекс взаємопов'язані контрольні операції, що передбачені технологічним процесом.

Таблиця 2

**Органолептичні та фізико-хімічні показники
олії соняшникової нерафінованої**

Показник	Нормативний показник	Характеристика показників олії	
		I спосіб	II спосіб
1	2	3	
Прозорість	допустима наявність «сітки» над осадом	наявність «сітки» над осадом	
Смак та запах	притаманні олії соняшниковій без стороннього присмаку, гіркоти та запаху	притаманні олії соняшниковій без стороннього присмаку, гіркоти та запаху	

Закінчення табл. 2

1	2	3	
Колірне число, мг йоду, не більше ніж	15	13,7±0,11	13,9±0,14
Кислотне число, мг КОН/г, не більше ніж	1,5	1,3±0,01	1,2±0,02
Пероксидне число під час випуску з підприємства, 1/2O ммоль/кг, не більше ніж	7,0	5,1±0,07	5,0±0,15
Масова частка фосфоровмісних речовин, % не більше ніж, у перерахунку на стеароолео-лечитин	0,40	0,33±0,027	0,35±0,019
– у перерахунку на P ₂ O ₅	0,03	0,022±0,004	0,020±0,003
Масова частка нежирових домішок, %, не більше ніж	0,05	0,031±0,0090	0,028±0,0110
Масова частка вологи та летких речовин, %, не більше ніж	0,20	0,18±0,0013	0,16±0,002
Температура спалаху олії, °C, не нижче ніж	225	233±12,2	236±15,9
Ступінь прозорості, фем, не більше ніж	40	33,4±0,16	26,1±0,24

Лабораторними дослідженнями встановлено, що за оптимізованої технології (2 спосіб виготовлення) були кращими і мікробіологічні показники якості олії соняшникової нерафінованої (табл. 3).

Таблиця 3

Мікробіологічні показники олії соняшникової нерафінованої

Показник	Допустимі рівні, не більше ніж	Способи виготовлення	
		I	II
Кількість аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, не більше ніж	500	396±21,3	381±33,5
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), у 1 г	не допустимо	не виявлено	
Коагулазопозитивні Stafilococcus, у 1 г	не допустимо	не виявлено	
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду Salmonella, у 25 г	не допустимо	не виявлено	
Дріжджі, КУО/г	не допустимо	не виявлено	
Плісняві гриби, КУО/г, не більше ніж	100	75,8±3,18	69,9±5,12

Заключний контроль якості продукції підтверджує відповідність технічним умовам державного стандарту.

Висновки і пропозиції.

1. Доведено доцільність модернізації та оптимізації технологічного процесу виробництва олії соняшникової нерафінованої.

2. Проведена оцінка якості продукції за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками свідчить, що поопераційний контроль забезпечив одержання олії високої якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Грищенко Ф.М. Гармонізовані національні нормативні документи щодо управління якістю: стан, тенденції та перспективи. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2012. № 4. С. 3–5.
2. Україна у цьому році залишиться світовим лідером з експорту соняшникової олії. URL: <http://www.aaa.com.ua/page0/mnews/7432.html>.
3. ДСТУ 4492:2017. Олія соняшникова. Технічні умови. Київ : Укр НДНЦ. 2018.
4. Шаповаленко О.І Зберігання і переробка продукції рослинництва : підручник / під ред. Шаповаленка О.І., Сафонової О.М. Харків : Еспада, 2008. 544 с.
5. Осейко М.Н. Інноваційні технології та безпечність олійножирової продукції. *Харчова промисловість*. 2012. № 3. С. 22–25.
6. Ушаков М.В. Внедрение магнитных гидродинамических резонаторов при производстве подсолнечного масла. *Олійно-жировий комплекс*. 2012. № 16. С. 37–40.
7. Черховська К. Формування моделі оцінки контролю якості на підприємствах. *Промислові технології*. 2012. № 6. С. 25.
8. ДСТУ 2575–94. Олії рослинні. Сировина та продукти переробки. Показники якості. Київ : Укр НДНЦ. 1994.

REFERENCES:

1. Hryshchenko, F.M. (2012). Harmonizovani natsionalni normatyvni dokumenty shchodo upravlinnia yakistiu: stan, tendentsii ta perspektyvy [Harmonized national regulations on quality management: status, trends and prospects]. *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist – Standardization, certification, quality*, 4, 3–5 [in Ukrainian].
2. Ukraina u tsomu rotsi zalyshytsia svitovym liderom z eksportu soniashnykovoi olii. Retrieved from: <http://www.aaa.com.ua/page0/mnews/7432.html>.
3. DSTU 4492:2017 (2018). Oliia soniashnykova. Tekhnichni umovy [DSTU 4492: 2017. Sunflower oil. Specifications] [in Ukrainian].
4. Shapovalenko, O.I (2008). Zberihannia i pererobka produktsii roslynnytstva: pidruchnyk [Storage and processing of crop products: textbook], Kharkiv: Espada, 544 [in Ukrainian].
5. Oseiko, M.N. (2012). Innovatsiini tekhnolohii ta bezpechnist oliinozhyrovoi produktsii [Innovative technologies and safety of oil and fat products]. *Kharchova promyslovist – Food Industry*, 3, 22–25 [in Ukrainian].
6. Ushakov, M.V. (2012). Vnedrenie mahnytnykh hydrodynamichnykh rezonatorov pry proyzvodstve podsolnechnoho masla [Introduction of magnetic hydrodynamic resonators in the production of sunflower oil]. *Oliino-zhyrovyi kompleks – Oil and fat complex*, 16, 37–40 [in Ukrainian].
7. Cherkhovska, K. (2012). Formuvannia modeli otsinky kontroliu yakosti na pidpriemstvakh [Formation of a model of quality control assessment at enterprises]. *Promyslovi tekhnolohii – Industrial technologies*, 6, 25 [in Ukrainian].
8. DSTU 2575–94. (1994) Olii roslynni. Syrovyna ta produkty pererobky. Pokaznyky yakosti. [DSTU 2575–94. Vegetable oils. Raw materials and processed products. Quality indicators] [in Ukrainian].

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

HYDRAULIC CONSTRUCTION,
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 628.2

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.7>

РОЗРОБКА СХЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО ГОЛОВНОГО КОЛЕКТОРА «КНС-5 – КНС-4» ЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА ХЕРСОНА

Волошин М.М. – кандидат технічних наук,

доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0000-0003-0467-1963

У статті наведено схему оптимізації роботи комбінованого головного колектора «КНС-5 – КНС-4» централізованої системи водовідведення міста Херсона. Представлена актуальність модернізації та розвитку водовідведення. Наведені проблеми, які потребують негайного розв'язання. Наведена мета дослідження – питання стосовно можливості та доцільності розробки схеми оптимізації роботи системи водовідведення міста Херсона. Представлено кількісні характеристики наявних основних каналізаційних насосних станцій у місті Херсоні. Наведена технологічна схема перекачки стічних вод та система водовідведення міста. Представлено характеристики каналізаційних мереж, їх довжина, матеріал, зношеність. Наведено споживачів води і скидання стічної води до ділянки каналізаційного колектора № 22. Розраховано розподіл обсягів скидання стічної води за категоріями споживачів. Представлено тарифи без ПДВ на послуги централізованого водовідведення, затверджені на 2021 рік. Наведено схему комбінованої ділянки каналізаційного колектора «КНС-4 і КНС-5» та її трасування. Виконана детальна характеристика двох ниток напірних трубопроводів від КНС-5. Представлена довжина, матеріал, рік побудови. Наведено характеристику колектора № 22 (кількість обслуговуючих житлових будинків та населення, довжина, матеріал). Представлено результати паспортизації каналізаційної мережі. Проведений аналіз сучасного стану каналізаційної мережі, виявлено низку недоліків та зауважень. Аналіз гідравлічного розрахунку реконструйованої комбінованої ділянки каналізаційного колектора № 22 у разі транспортування теоретично обґрунтованої максимальної секундної витрати виявив низку зауважень. Запропоновано нормальний режим роботи розподільної системи водовідведення, можливість забезпечити за умови реалізації наведених заходів стосовно її реконструкції.

Ключові слова: схема оптимізації, комбінований головний колектор, каналізаційна насосна станція, система водовідведення, стічні води, тариф.

Voloshin M.M. Development of the scheme of optimization of work of the combined main collector "KNS-5 – KNS-4" of the centralized drainage system of the city of Kherson

The article presents a scheme for optimizing the operation of the combined main collector KNS-5 – KNS-4 of the centralized drainage system of the city of Kherson. The urgency of modernization and development of drainage is presented. These are issues that need to be addressed immediately. The purpose of the research on the possibility and expediency of developing a scheme for optimizing the operation of the drainage system of the city of Kherson. Quantitative characteristics of the existing main sewage pumping stations in the city of Kherson are presented. The technological scheme of sewage pumping and the city drainage system are given. The characteristics of sewer networks, their length, material, wear are presented. Water consumers and wastewater discharge to the sewer collector area are given. The distribution of wastewater discharge volumes by consumer categories is calculated. Tariffs without VAT for centralized sewerage services approved for 2021 are presented. The scheme of the combined section of the sewer collector "KNS-4 and KNS-5" and its tracing are given. The detailed characteristic of two threads of pressure pipelines from KNS-5 is executed. Presented length, material, year of construction. The characteristic of the collector № 22 (number of serviced residential buildings and population, length, material) is given. The results of certification of the sewerage network are presented. The analysis of the current state of the sewerage network is revealed, a number of shortcomings and remarks are revealed. Analysis of the hydraulic calculation of the reconstructed combined section of the sewer collector № 22 during the transportation of the theoretically justified maximum second flow revealed a number of remarks. The normal mode of operation of the distribution system of drainage is offered. Opportunity to provide, subject to the implementation of the above measures for its reconstruction.

Key words: optimization scheme, combined main collector, sewage pumping station, drainage system, wastewater, tariff.

Вступ. Актуальність реформування, модернізації та розвитку водовідведення України зумовлена надзвичайно тяжким становищем, в якому нині опинилася ця найважливіша галузь житлово-комунального господарства [1].

Постановка проблеми. Невжиття найближчим часом радикальних та термінових заходів призведе до виходу з ладу основних складових елементів системи, внаслідок чого утвориться реальна загроза дестабілізації водовідведення господарсько-побутових стічних вод із зони впливу головного колектора «КНС-5 – КНС-4».

Мета дослідження. Метою статті є розробка схеми оптимізації роботи системи водовідведення міста Херсона, яка містить заходи, спрямовані на поступовий розвиток головного колектора «КНС-5 – КНС-4» системи водовідведення, підвищення надійності та якості послуг транспортування стічних вод до міських каналізаційних очисних споруд.

Виклад основного матеріалу дослідження. Послуги щодо водовідведення в місті Херсоні надає МКП «ВУВКГ м. Херсона», у системі водовідведення є 17 основних насосних станцій, що скидають стоки у самотісну систему, яка своєю чергою подає стоки на очисні споруди м. Херсона. Велика кількість насосних станцій пояснюється різноманітністю географічної природи міста. Технологічна схема перекачки стічних вод м. Херсона зображена на рис. 1.

Система водовідведення в місті складна, натеper довжина каналізаційних мереж (рис. 2) становить 282,2 км, з яких приблизно 222,3 км – самотісні колектори, а 59,9 км – напірні, з них зношені 170 км, або 59%. За оцінкою 139 км, або майже 50%, труб у системі водовідведення повністю зношені та перебувають в аварійному стані, потребують відповідних заходів для стабілізації їхньої роботи.

Останнім часом зросла аварійність на каналізаційних колекторах, виконаних із залізобетонних труб діаметром від 600 до 1200 мм. З огляду на складні гідрогеологічні умови їх залягання (глибина до 8 м за високого рівня ґрунтових вод) провали на колекторах на тривалий час паралізують роботу системи водовідведення та потребують значних коштів на відновлення.

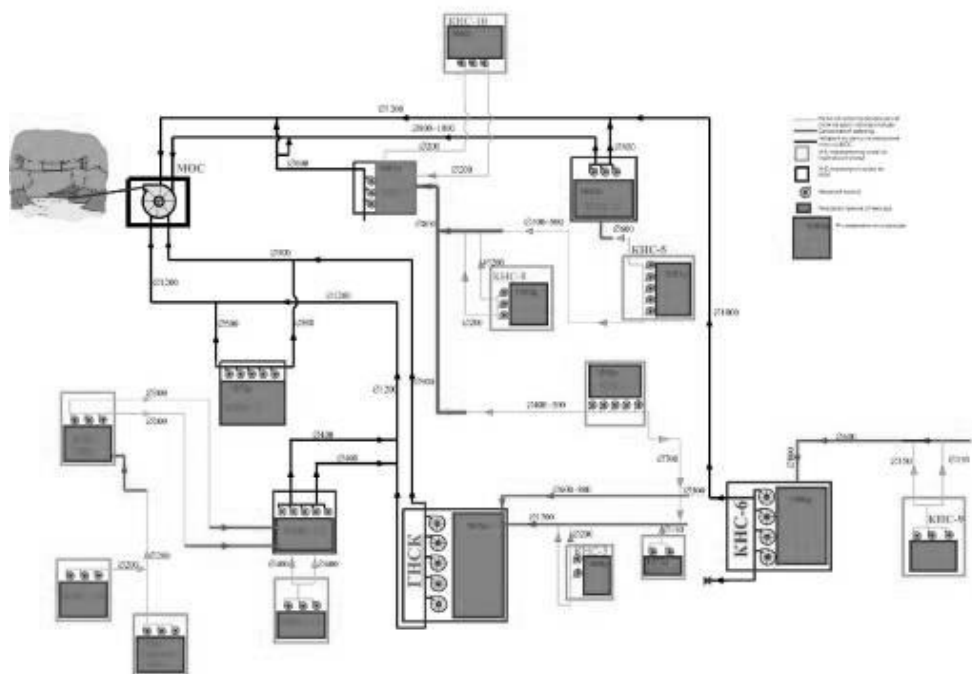


Рис. 1. Технологічна схема перекачки стічних вод м. Херсона



Рис. 2. Схема каналізаційної мережі м. Херсона

Споживачами води і скидання стічної води до ділянки каналізаційного колектора № 22 є:

- населення, що витрачає воду на господарсько-питні потреби;
- окремі адміністративні, культурно-побутові організації, торговельний сектор. Сюди входять і втрати стічної води із каналізаційної мережі.

Розподіл обсягів скидання стічної води за категоріями споживачів у 2020 році у відносній (%) формі наведено на діаграмі (рис. 3).

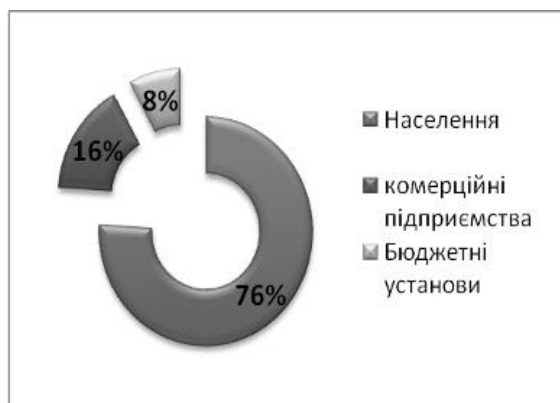


Рис. 3. Розподіл обсягів скидання стічної води за категоріями споживачів у 2020 році

Фінансова діяльність підприємства за роками є нестабільною [2]. Причиною цього стали: низькі і реально незбалансовані тарифи послуг з водопостачання, різке збільшення витрат на оплату праці і матеріальні затрати, незважаючи на збільшення надходжень від реалізації питної води (табл. 1).

Таблиця 1

Тарифи без ПДВ на послуги централізованого водовідведення, затверджені на 2021 рік

Платники	Тариф
Населення, грн/м ³	11,82
Бюджетні установи, грн/м ³	11,82
Інші споживачі, грн/м ³	11,82

Падіння відпуску води споживачам є причиною зниження рівня відведення стічної води, що призводить до її дорожчання, зменшує рентабельність комунального підприємства.

Схема комбінованої ділянки каналізаційного колектора «КНС-4 і КНС-5» та її трасування ілюстрована на рис. 4.

Від КНС-5 стічні води транспортуються по 2-напірних трубопроводах.

Нитка 1 збудована в 1980 році, її довжина 2081,6 м, матеріал труб – чавун Ø400 мм (частково сталевих та з/б d=400–500 мм), в т.ч. ст. d=500 – 73,9 м, чав. d=400 – 1485,9 м, ж/б d=500 – 521,8 м. Вона проходить від КНС-5 до камери гасіння напору по вул. Некрасова (далі по 24-му колектору через Північний самопливний колектор до КНС-2).

трубопроводів на сучасні пластмасові з економічно і гідравлічно обґрунтованими діаметрами.

Таблиця 2

**Характеристика комбінованого каналізаційного колектора в м. Херсоні
(за даними МКП «ВУВКГ м. Херсона» на 2020 р.)**

Ділянка колектора	Матеріал трубопроводу	Діаметр трубопроводу, мм	Довжина ділянки трубопроводу, м	Технічний стан	
				фасонні частини, засувки	труби
КНС5 – приймальна камера	з/б	800	1018	Корозія металу	Корозія бетону (газова і хімічна)
Приймальна камера – КНС-4	з/б	1000	1300	Корозія бетону (газова і хімічна)	

4. Низький рівень ефективності системи водовідведення пов'язаний з низьким рівнем надійності роботи системи загалом, з частою аварійністю трубопроводів водовідвідної мережі. Аналіз надійності системи водопостачання показав низький її рівень за основними критеріями: довговічністю, безвідмовністю, ремонтпригодністю і збережуваністю.

5. Не забезпечується критерій безвідмовності колектора насамперед через високу її аварійність за різними чинниками: стовідсотковий знос, невідповідність визначених базовим проєктом діаметрів залізобетонних труб, відсутність системи управління та захисту колектора.

Аналіз гідравлічного розрахунку реконструйованої комбінованої ділянки каналізаційного колектора № 22 у разі транспортування теоретично обґрунтованої максимальної секундної витрати показав, що:

– Стан наявного устаткування каналізаційних станцій і залізобетонного колектора, 100% яких 33 роки експлуатуються без капітального ремонту, не дозволяє нормально працювати за розрахункових напору і витрат. Причиною є механічне, хімічне і газове руйнування внутрішньої поверхні залізобетонних труб і поверхні приймального резервуару.

– На випадок пропуску розрахункової максимальної витрати стічної води втрати напору залишаються незначними на напірній ділянці залізобетонного колектора й заміни фасонних частин і арматури. Швидкість води в трубопроводах була значно меншою за оптимальні значення.

– Діаметр самопливної ділянки самопливного колектора значно перевищує економічно обґрунтований.

– Результати попереднього аналізу технічного стану і технологічних досліджень наявної ділянки комбінованого колектора системи водовідведення показали, що відновлення її функціональних можливостей і розширення послуг щодо цілодобового надійного відведення стічних вод можливе лише за умови реалізації заходів з мінімальними затратами.

– Оптимізувати роботу системи водовідведення можна лише у відповідності до результатів гідравлічних розрахунків стосовно витрати – за рахунок упровадження перетворювачів частоти обертання вісі електродвигунів насосів [3; 4].

– Схема системи каналізації забезпечить пропуск розрахункової максимальної витрати стічної води, оскільки гідравлічний потенціал максимально не

використовується. Це знижує економічність роботи трубопроводів за рахунок їх високої амортизації, одночасно впливаючи на рівень собівартості послуг щодо каналізування стічних вод.

– У зимовий період низький рівень водовідведення не дозволяє ефективно експлуатувати досить енергоємну та застарілу колекторну мережу і обладнання, тому в період мінімального водовідведення рекомендується тимчасово відключати насосне обладнання згідно з режимом надходження стічних вод із території каналізування.

Висновки і пропозиції. Нормальний режим роботи розподільної системи водовідведення можна забезпечити за умови реалізації таких заходів стосовно її реконструкції:

1. Розглядати напірну ділянку залізобетонного колектора як таку, що практично сформувалася за 33-річний період її експлуатації. В основному зона каналізування представлена дев'ятиповерховими житловими будинками.

2. Необхідний напір у колекторі № 22 забезпечуватиметься наявними п'ятьма насосними агрегатами СД каналізаційної насосної станції КНС-5.

3. Із можливих варіантів реконструкції ділянки каналізаційного напірного та самопливного колекторів рекомендується комплексна, прийнятна і економічна для реалізації реконструкція, яка не потребує великих капітальних вкладень, за рахунок використання новітніх технологій щодо ремонту старих трубопровідних систем безтраншейним методом «релайнинг» і заміни фасонних частин та арматури.

4. Обладнати каналізаційні насоси перетворювачами частоти з визначеною розрахунками потужністю, що призначені для роботи у складі каналізаційної насосної станції на напругу 380В, або інших аналогів. Перетворювач частоти забезпечить постійний тиск у трубопроводах зовнішньої мережі та ефективно збалансує режим роботи насосного обладнання з режимом надходження стічної води в приймальну камеру КНС-5, у зв'язку з чим зменшаться експлуатаційні витрати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Концепція Загальнодержавної цільової соціальної програми «Питна вода України» на 2022–2026 роки. Київ : Урядовий портал. 2021. 1 с.
2. Фінансова звітність МКП «ВУВКГ м. Херсона». Херсон : Офіційний сайт МКП «ВУВКГ м. Херсона». 2020. 8 с.
3. Волошин М.М. Методичні рекомендації «Розрахунок економічної ефективності впровадження частотних перетворювачів для насосних агрегатів». Херсон : РВВ ХДАУ «Колос», 2012. 40 с.
4. Шишков А.А., Андрианов В.А. Применение частотно-регулируемого привода в энергосберегающих системах управления насосными установками. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2004, № 7. С. 78–85.

REFERENCES:

1. Kontseptsiya Zahal'noderzhavnoyi tsil'ovoyi sotsial'noyi prohramy "Pytna voda Ukrainy" na 2022–2026 roky (2021). Kyiv: Uryadovyy portal. 1 s. [in Ukrainian].
2. Finansova zvitnist' MKP "VUVKH m. Khersona" (2020). Kherson: Ofitsiynyy sayt MKP "VUVKH m. Khersona". 8 s. [in Ukrainian].
3. Voloshin, M.M. (2012). Metodychni rekomendatsiyi "Rozrakhunok ekonomichnoyi efektyvnosti vprovadzhennya chastotnykh peretvoryuvachiv dlya nasosnykh ahrehativ". Kherson: RVV KHDAU "Kolos". 40 s. [in Ukrainian].
4. Shishkov, A.A., Andrianov, V.A (2004). Primeneniye chastotno-reguliruyemogo privoda v energosberegayushchikh sistemakh upravleniya nasosnymi ustanovkami. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika*. No. 7. Pp. 78–85 [in Russian].

УДК 626.81/84;631.67

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.8>

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОМЕМБРАНИ SOLMAXHDPE З ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОЇ ЩІЛЬНОСТІ У РАЗІ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНОГО ОБЛИЦЮВАННЯ ЗРОШУВАЛЬНИХ КАНАЛІВ У ПІВДЕННОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

Морозов О.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-5617-0813

Морозов В.В. – кандидат сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-2594-883X

Козленко Є.В. – кандидат сільськогосподарських наук,
докторант
Інституту зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України
ORCID ID: 0000-0003-3001-8220

У статті представлені матеріали досліджень технічного стану бетонного облицювання Інгулецького магістрального каналу, який функціонував 58 років, конструкцій та технологій застосування інноваційного протифільтраційного покриття – геомембрани SolmaxHDPE з поліетилену високої щільності – для відновлення протифільтраційного облицювання зрошувальних каналів у Південному регіоні України.

Метою досліджень було встановлення можливості застосування геомембрани з поліетилену високої щільності для відновлення протифільтраційного облицювання зрошувальних каналів у Південному регіоні України на прикладі Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи.

Управлінням каналів Інгулецької зрошувальної системи (УК ІЗС) у 2013 році виконано ремонт аварійної ділянки Інгулецького магістрального каналу із застосуванням сучасних полімерних матеріалів, виконаний протифільтраційний екран з геомембрани HDPE (поліетилен високої щільності) Solmax 440-70007, $t = 1$ мм).

Відпрацьована технологія укладки геомембрани на дно і відкоси магістрального каналу. Геомембрана укладається на вирівняне наявне облицювання із монолітного бетону. Дно каналу було вирівняно шаром піску товщиною 10 см. Екран з геомембрани у верхній частині каналу на довжині 127 м закріплений на запlechках у зуб, а інші 23 м екрана металевими пластинами до монолітного бетону з використанням дюбелів. На дні каналу протифільтраційний екран був привантажений залізобетонними опорами з поперечним перерізом 300 мм х 200 мм, вужчою площиною до низу. У місцях привантаження екрана для захисту геомембрани від механічного пошкодження було використано геотекстиль.

Протифільтраційний екран з геомембрани HDPE (поліетилен високої щільності) Solmax 440-70007 $t = 1$ мм), як показали дослідження на ділянці Інгулецького магістрального каналу, забезпечує суттєве зменшення фільтраційних втрат і може використовуватися під час будівництва та реконструкції наявного протифільтраційного облицювання на каналах Інгулецької, Краснознам'янської, Явківської, Татарбунарської зрошувальних систем, Північно-Кримського каналу та на всіх інших зрошувальних системах Південного регіону України.

Подальшими дослідженнями є визначення терміну служби геомембрани, її надійності, ефективності та вдосконалення технологій будівництва такого протифільтраційного покриття – геомембрани – з огляду на регіональні та технічні особливості зрошувальних каналів різних порядків у Південному регіоні України.

Ключові слова: канали, фільтрація, облицювання, інноваційна гідробудівельна конструкція, геомембрана, Інгулецький магістральний канал.

Morozov O.V., Morozov V.V., Kozlenko Y.V. Application of SOLMAXHDPE geomembrane from high-density polyethylene at restoration of antifiltration facing of irrigated channels in the Southern region of Ukraine

The article presents materials of researches of technical condition of concrete facing of Ingulets trunk channel, which functioned for 58 years, constructions and technologies of application of innovative anti-filtration coating – geomembrane SOLMAXHDPE from high-density polyethylene, at restoration of anti-filtration facing of irrigation channels in the Southern region of Ukraine.

The aim of the research was to establish the possibility of using a geomembrane made of high-density polyethylene in the restoration of anti-filtration lining of irrigation channel in the Southern region of Ukraine, on the example of Ingulets irrigation-flooding.

In 2013, the Ingulets Irrigation System (UCS) Canal Department repaired the emergency section of the Ingulets Trunk Channel with the use of modern polymeric materials, and made an anti-filtration screen made of HDPE geomembrane (high density polyethylene) Solmax 440-70007, $t = 1$ mm).

The technology of laying the geomembrane on the bottom and slopes of the Trunk Channel has been worked out. The geomembrane is laid on the leveled existing facing from monolithic concrete. The bottom of the channel was leveled with a layer of sand 10 cm thick. The screen of geomembrane in the upper part of the channel at a length of 127 m is fixed on the shoulders in the tooth, and the other 23 m of the screen with metal plates to monolithic concrete using dowels. At the bottom of the channel, the anti-filtration screen was loaded with reinforced concrete supports with a cross section of 300 mm x 200 mm, a narrower plane to the bottom. Geotextiles were used at the screen loading points to protect the geomembrane from mechanical damage.

Anti-filtration screen made of HDPE geomembrane (high density polyethylene) Solmax 440-70007, $t = 1$ mm), as shown by studies on the Ingulets Trunk Channel, provides a significant reduction in filtration losses and can be used in the construction and reconstruction of existing anti-filtration cladding, Yavkin, Tatarbunary irrigation systems, Northern-Channel canal and all other irrigation systems of the Southern region of Ukraine.

Further ways of research are to determine the service life of the geomembrane, its reliability, efficiency and improvement of construction technologies of this anti-filtration coating – geomembrane, taking into account regional and technical features of irrigation channel of different types in the Southern region of Ukraine.

Key words: channels, filtration, facing, innovative hydraulic construction, geomembrane, Ingulets Trunk Channel.

Вступ. На зрошувальних каналах усіх зрошувальних систем, які побудовані в Південному регіоні України в 60–70-х роках минулого століття, є загальна проблема: прийшли в незадовільний технічний стан облицювання багатьох магістральних і розподільних каналів. Ці бетонні протифільтраційні облицювання перестали відігравати свою роль – зменшувати фільтраційні втрати води з каналів, у результаті чого відбувається підтоплення ґрунтовими водами приканальних територій та зрошуваних ділянок, погіршується еколого-меліоративний стан зрошуваних та прилеглих до них ландшафтів.

Постановка проблеми. Особливо небезпечно ситуація з незадовільним технічним станом бетонного облицювання каналів розвивається на зрошувальних системах, які будувались першими в Україні, коли ще не був накопичений необхідний будівельний досвід, не розроблені відповідні конструкції та технології. Інгулецька зрошувально-обводнювальна система (ІЗОС) була побудована однією з перших в Україні. Будівництво Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи розпочате в 1951 році будівельно-монтажним управлінням № 14 (БМУ-14 Управління «Укрводбуд») та тривало 13 років, з 1951 по 1963 роки.

Інгулецький магістральний канал (загальна протяжність якого 53,5 км) запроєктований і був збудований у земляному руслі, як і більшість каналів того часу. Бетонне та залізобетонне облицювання каналу проєктом передбачено не було у зв'язку з відсутністю на той час досвіду будівництва та експлуатації гідротехнічних систем і споруд, необхідної кількості будівельних матеріалів, техніки, кадрів

і високої вартості робіт. Було виконане бетонне облицювання тільки на окремих ділянках магістрального каналу (МК) Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи. Аналогічна ситуація спостерігалась під час будівництва Північно-Кримського та Краснознам'янського магістральних каналів.

Уже в 1966 році були розпочаті роботи з реконструкції Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи, їх здійснювали БМУ-25 «Миколаївводбуд» та БМУ-22 «Миколаївводбуд». У результаті реконструкції було виконано часткове облицювання магістрального каналу монолітним бетоном і залізобетонними плитами, що деякою мірою підвищило коефіцієнт корисної дії (ККД) каналу та відповідно зменшило фільтраційні втрати поливної води [1].

Але питання боротьби з фільтраційними витратами із зрошувальних каналів як Інгулецької, так і подібних систем у Південному регіоні України залишається актуальним.

Метою досліджень було встановлення можливості застосування геомембрани з поліетилену високої щільності для відновлення протифільтраційного облицювання зрошувальних каналів у Південному регіоні України на прикладі Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи.

Основні завдання досліджень:

- вибір об'єкта дослідження – каналу, який розташований і функціонує в умовах, які є типовими для більшості зрошувальних систем Південного регіону України;
- оцінка технічного стану каналу і розробка конструкції та технології укладки інноваційного протифільтраційного покриття;
- розробка рекомендацій з поширення накопиченого науково-технічного та практичного досвіду в Україні та за її межами.

Об'єкт дослідження – фрагмент аварійної ділянки Інгулецького магістрального каналу.

Матеріали і методи дослідження. Були використані матеріали Інституту водних проблем і меліорації НААН, Управління каналів Інгулецької зрошувальної системи, Снігурівської гідрогеолого-меліоративної партії.

Використано такі **методи дослідження**, як: натурний польовий експеримент, спостереження, аналітичний огляд технічної літератури, аналіз і узагальнення фактичних даних.

Типовість інженерно-геологічних умов Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи для сухостепової зони України була встановлена методом районування території [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями особливостей умов проєктування, будівництва та експлуатації меліоративних систем і гідротехнічних споруд меліоративного призначення в Україні займалися Держводагентство України, ВАТ «Укрводпроєкт», Інститут водних проблем і меліорацій НААН (О. Олійник, М. Ромашенко, Б. Чалий, П. Коваленко, В. Лелявський, В. Дупляк, М. Губіна та ін.) [7].

Вирішенням проблем інженерного захисту територій та споруд від підтоплення та затоплення займалися Український державний науково-дослідний інститут проблем водопостачання, водовідведення та охорони навколишнього природного середовища «УкрВОДГЕО» (О. Абрамович, В. Єгупов, С. Размстаєв, О. Чебанов), Український державний головний науково-дослідний та виробничий інститут інженерно-технічних та екологічних вишукувань (А. Головков, О. Куденко, В. Соколов, Ю. Солодовніков, Г. Стрижельчик), Державний науково-дослідний

інститут будівельних конструкцій (Я. Червінський, В. Шумінський), Дніпропетровський державний проєктний інститут житлового і цивільного будівництва (С. Домашенко, А. Самойленко, Л. Самойленко), Харківська національна академія міського господарства (В. Таранов) [8].

Виклад основного матеріалу досліджень. Управління каналів Інгулецької зрошувальної системи (УК ІЗС) у 2013 році (головний інженер УК ІЗС Є. Козленко) виконано ремонт аварійної ділянки Інгулецького магістрального каналу із застосуванням сучасних полімерних матеріалів, виконаний протифільтраційний екран з геомембрани HDPE (поліетилен високої щільності) Solmax 440-70007 $t = 1$ мм) (рис. 1, 2).



Рис. 1. Технічний стан бетонного облицювання Інгулецького магістрального каналу до виконання ремонтних робіт (фото Є. Козленка)

Ґрунти, на яких побудований Інгулецький магістральний канал, – середні і важкі суглинки, є типовими не тільки для всієї ІЗОС, а і для інженерно-геологічних, геоморфологічних, ландшафтних та ґрунтових умов Каховського магістрального каналу, Північно-Кримського каналу, Краснознам'янського магістрального каналу, Татарбунарського та інших магістральних та розподільчих каналів Південного регіону України (адміністративні області: Херсонська, Миколаївська, Одеська, Запорізька та Автономна Республіка Крим). Було запропоноване використання як основного протифільтраційного матеріалу геомембрани Solmax, виробник Solmax International (ПЕВП–HDPE, країна-виробник – Канада), товщиною 1,0 мм.

Геомембрана Solmax випускається з поліетилену високого і низького тиску, добавками до якого виступають сажа, антиокислювачі та стабілізатори теплового

старіння. Випускаються як гладкі, так і структуровані геотехнічні мембрани Solmax. У функціональному плані обидва різновиди геомембран Solmax використовуються для поділу і запобігання взаємопроникненню твердих, рідинних і газоподібних субстанцій.



Рис. 2. Технічний стан Інгулецького магістрального каналу після виконання ремонтних робіт (укладання геомембрани) (фото Є. Козленка)

Сфери застосування геомембран SOLMAX: будівництво та ремонт полігонів твердих побутових відходів (ТПВ); будівництво промислових відстійників і накопичувачів рідин, у тому числі токсичних і агресивних; дорожнє будівництво, зведення дорожнього полотна та інженерно-технічних об'єктів (тунелів, підземних переходів, накопичувачів стічних вод); зведення промислових басейнів, пожежних водойм, резервуарів питної води; у сільському господарстві – будівництво зрошувальних каналів, зведення гноєсховищ; гідробудівництво – захист бетонних або металевих підстав дамб, мостів та хвилерізів; цивільне та промислове будівництво – протикорозійного захисного шару фундаментів та інших заглиблених у ґрунт конструкцій.

Властивості і технічні характеристики геомембрани Solmax: високі антикорозійні та гідроізоляційні показники; хімічна стійкість, можливість безпечного зберігання рідин з рівнем рН від 0,5 до 14; активна протидія руйнівному впливу сонячного ультрафіолетового випромінювання; висока еластичність, здатність до подовження без втрати корисних якостей – до 850%; висока міцність на розтяг – до 26,2 МПа; довгий термін експлуатації без обслуговування і ремонту; нетоксичність та екологічна чистота [3].

Відпрацьована технологія укладки геомембрани на дно і відкоси магістрального каналу. Геомембрана укладається на вирівняне наявне облицювання із монолітного бетону. Дно каналу було вирівняно шаром піску товщиною 10 см. Екран з геомембрани у верхній частині каналу на довжині 127 м закріплений на запlechках у зуб, а інші 23 м екрана металевими пластинами до монолітного бетону з використанням дюбелів. На дні каналу протифільтраційний екран був привантажений залізобетонними опорами з поперечним перерізом 300 мм х 200 мм, вужчою площиною до низу. У місцях привантаження екрана для захисту геомембрани від механічного пошкодження було використано геотекстиль.

У 2015 році після закінчення поливного сезону, після опорожнення магістрального каналу, експертна технічна комісія, до складу якої входили представники Управління каналів Інгулецької зрошувальної системи та Інституту водних проблем і меліорації НААН, провела обстеження технічного стану дослідної ділянки з відновлення протифільтраційного облицювання Інгулецького магістрального каналу на ПК531-532+50 та встановила таке:

- екран з поліетиленової геомембрани перебуває у задовільному (проектному) стані;
- пориви і розгерметизація швів відсутні;
- просадок і поривів екрана по всьому периметру дослідної ділянки каналу не спостерігається;
- аналіз динаміки рівня ґрунтових вод по двох створах показав, що положення кривої депресії у першому створі на дослідній ділянці каналу, де укладено протифільтраційне покриття з геомембрани, знаходяться нижче ніж у другому створі на ділянці каналу з наявним облицюванням, що свідчить про ефективність проведених протифільтраційних заходів [4].

Комплексними дослідженнями доведена типовість Інгулецького зрошуваного масиву для значної більшості території сухостепової зони України за ґрунтовими, ландшафтними, інженерно-геологічними, гідрогеологічними, геоморфологічними та водогосподарськими характеристиками [5].

Висновки і пропозиції. Протифільтраційний екран з геомембрани HDPE (поліетилен високої щільності) Solmax 440-70007, $t = 1$ мм), як показали дослідження на ділянці Інгулецького магістрального каналу, забезпечує суттєве зменшення фільтраційних втрат і може використовуватися під час будівництва та реконструкції наявного протифільтраційного облицювання на каналах Інгулецької, Краснознам'янської, Явкінської, Татарбунарської зрошувальних систем, Північно-Кримського каналу та на всіх інших зрошувальних системах Південного регіону України.

Подальшими дослідженнями є визначення терміну служби геомембрани, її надійності, ефективності та вдосконалення технологій будівництва такого протифільтраційного покриття – геомембрани – з огляду на регіональні та технічні особливості зрошувальних каналів різних порядків у Південному регіоні України. Під надійністю такого протифільтраційного покриття розуміється насамперед забезпечення безперебійного функціонування каналів, збереження проектних значень усіх характеристик протифільтраційної геомембрани впродовж запланованого періоду її експлуатації (треба також встановити цей період безперебійної експлуатації геомембрани), а також стійкість техніко-економічних показників та перспективність такого інноваційного конструктивного елементу зрошувальних мереж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми та перспективи розвитку : монографія / за ред. О.В. Морозова. Херсон : Айлант, 2020. 204 с.
2. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року: схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-p#Text>.
3. URL: <https://ua.bizorg.su/membrany-gidroizolyatsionnye-r/p4595452-geomembrana-solmax-pevphdpe-tolshtinoy-1-0-mm>.
4. Акт перевірки в дослідно-виробничих умовах конструкції відновлення протифільтраційного облицювання Інгулецького магістрального каналу. УК ІЗС, ІВПіМ НААН (19 листопада 2015 р.).
5. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В. Науково-методологічне обґрунтування типовості Інгулецького зрошуваного масиву для сухостепової зони України. *Аграрні інновації*. Херсон, 2021. № 6. С. 21–30.
6. Морозов В.В. Основи системного аналізу в гідромеліорації : навчальний посібник. Херсон : вид-во ХДУ. 2008. 64 с.
7. ДБН В. 2.4-1-99. Меліоративні системи і споруди. Київ, 2000. 199 с.
8. ДБН В.1-25-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. Київ, 2010. 52 с.

REFERENCES:

1. Kozlenko, Ye.V., Morozov, O.V., & Morozov, V.V. (2020). Inhuletska zroshuvalna systema: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku: monohrafiia [Ingulets irrigation system: state, problems and prospects of development: monograph]. Kherson: Ailant [in Ukrainian].
2. Stratehiia zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 roku [Irrigation and drainage strategy in Ukraine for the period up to 2030]: skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 14.08.2019 r. No. 688-r. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-r#Text> [in Ukrainian].
3. Retrieved from: <https://ua.bizorg.su/membrany-gidroizolyatsionnye-r/p4595452-geomembrana-solmax-pevphdpe-tolshtinoy-1-0-mm>.
4. Akt perevirky v doslidno-vyrobnychikh umovakh konstrukttsii vidnovlennia protyfiltratsiinoho oblytsiuvannia Inhuletskoho mahistralnogo kanalu [Act of inspection in research and production conditions of the design of restoration of anti-filtration lining of Ingulets maincanal]. UK IZS, IVPiM NAAN (19 lystopada 2015 r.) [in Ukrainian].
5. Morozov, O.V., Morozov, V.V., & Kozlenko, Ye.V. (2021). Naukovo-metodolohichne obgruntuvannia typovosti Inhuletskoho zroshuvanoho masyvu dlia suhostepovoi zony Ukrainy [Scientific and methodological substantiation of the typicality of the Ingulets irrigated massif for the dry Steppe zone of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii – Agricultural innovations*, 6. 21–30 [in Ukrainian].
6. Morozov, V.V. (2008). Osnovy systemnoho analizu v hidromelioratsii: navch. posib. [Fundamentals of system analysis in land reclamation: textbook]. Kherson: vyd-vo KhDU [in Ukrainian].
7. DBN V. 2.4-1-99. Melioratyvni systemy i sporudy [DBN B. 2.4-1-99. Reclamation systems and structures]. Kyiv [in Ukrainian].
8. DBN V.1-25-2009. Inzhenernyi zakhyst terytorii ta sporud vid pidtoplennia ta zatoplennia [DBN B.1-25-2009. Engineering protection of territories and buildings from flooding and inundation]. Kyiv [in Ukrainian].

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING

УДК 628.316.12

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.9>

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РЕАГЕНТНОГО ОЧИЩЕННЯ ДРЕНАЖНИХ ВОД ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Дегтяр М.В. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод
Харківського національного університету міського господарства
імені О.М. Бекетова

ORCID ID: 0000-0001-7836-1680

Душкін С.С. – доктор технічних наук,
професор кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод
Харківського національного університету міського господарства
імені О.М. Бекетова

ORCID ID: 0000-0002-9345-9632

У статті проведена оцінка ефективності використання різних технологічних прийомів очищення дренажних вод полігонів твердих побутових відходів (ТПВ), зокрема, запропонований спосіб активізації реагентного методу очищення із застосуванням розчину коагулянту сульфату алюмінію, підданого активації шляхом магнітної обробки та електрокоагуляції. Така технологія дозволить інтенсифікувати процес очищення дренажних вод, знизити дози сульфату алюмінію без погіршення якості очищення стічних вод, знизити експлуатаційні витрати та собівартість очищення дренажних вод.

Для досягнення мети в ході досліджень вивчений хімічний склад фільтрату полігонів ТПВ на різних етапах експлуатації полігону з урахуванням якісних особливостей фільтрату залежно від його віку.

Основна увага приділена оптимізації параметрів реагентного очищення стічних вод полігонів ТПВ, вивчена кінетика та виявлені закономірності процесу коагуляції у разі активації розчину коагулянту сульфату алюмінію.

При цьому були вивчені такі основні питання, як:

- зміна структурно-механічної гідратації гідроксиду алюмінію під час обробки стічних вод полігонів твердих побутових відходів активованим розчином коагулянту сульфату алюмінію;
- вплив активованого розчину коагулянту на зміну сил зчеплення контактного середовища;
- вплив активованого розчину коагулянту на гідравлічну крупність суспензії, що коагулюється.

У роботі доведено високу ефективність використання реагентного методу (в комбінації з біологічним очищенням) для фільтраційних вод, характерних для стадії метаногенезу,

детально описаний хімізм процесу та механізм зміни структурно-механічної гідратації гідроксиду алюмінію під час обробки стічних вод. Слід зазначити, що запропонована технологія має низку особливостей, зокрема, протягом активації розчину реагенту відбувається накладення магнітного поля, внаслідок чого відбувається зміна структури розчину і утворення додаткових центрів коагуляції.

Порівняно з іншими відомими технологіями, що мають стадію реагентного очищення, це дозволить інтенсифікувати процес коагуляції та знизити розрахункову дозу коагулянту на 25–30% без погіршення якості очищення.

Ключові слова: фільтрат, тверді побутові відходи, метод, ефективність, довкілля, гідрравлічна крупність, ступінь структурно-механічної гідратації.

Degtyar M.V., Dushkin S.S. Optimization parameters of leachate reagent treatment

The article evaluates the effectiveness of various technological methods leachate treatment, in particular, a method for activating the reagent treatment method using a solution of aluminum sulfate coagulant, subjected to activation by magnetic treatment and electrocoagulation. This technology will intensify the process of leachate treatment, reduce the dose of aluminum sulfate without compromising the quality of wastewater treatment, reduce operating costs and the cost of leachate treatment, in general.

To achieve this goal in the course of research was studied the chemical composition of leachate at different stages of operation of the landfill, taking into account the qualitative characteristics of the leachate, depending on its age.

The optimization of the parameters of reagent leachate treatment was highlighter, has been studied the kinetics and identified patterns of the coagulation process when activating a solution of aluminum sulfate coagulant.

The following main issues have been studied:

- change of structural and mechanical hydration of aluminum hydroxide during leachate treatment with activated solution of aluminum sulfate coagulant;

- the effect of activated coagulant solution on the change of adhesion forces of the contact medium;

- the effect of activated coagulate solution on the hydraulic size of the coagulated suspension.

The article proves the high efficiency of the reagent method (in combination with biological treatment) for filtration water characteristic of the stage of methanogenesis, describes in detail the chemistry of the process and the mechanism of changes in structural and mechanical hydration of aluminum hydroxide in wastewater treatment.

It should be noted that the proposed technology has a number of features, in particular, during the activation of the reagent solution is the imposition of a magnetic field, resulting in a change in the structure of the solution and the formation of additional coagulation centers.

Compared to other well-known technologies that have the stage of reagent purification, this will intensify the coagulation process and reduce the estimated dose of coagulant by 25–30%, without deterioration the quality of purification.

Key words: leachate, solid domestic waste, method, efficiency, environment, structural and mechanical hydration of aluminum hydroxide, hydraulic size.

Очищення дренажних вод являє складне завдання як з технологічної, так і з економічної точки зору. Одностадійна схема очищення фільтрату не дозволяє отримати високу ефективність очищення фільтрату [1, с. 107–109; 2, с. 3–5]. Основним фактором, що забезпечує необхідну якість фільтрату на виході, є багатостадійність процесу, зокрема, з використанням реагентного очищення, для полегшення і повноти протікання наступних стадій [1, с. 107–108; 2, с. 1–3; 3, с. 187–189].

Для очищення висококонцентрованих дренажних вод полігонів ТПВ використовуються фізичні, хімічні, біологічні методи, а також їх комбінація [3, с. 189–191; 4, с. 111–114]. Зокрема, в роботах [2, с. 10–12; 3, с. 189–191] пропонується використовувати стадію реагентного очищення та електролітичну обробку, а також оптимізацію параметрів реагентного очищення стічних вод з використанням FeSO_4 .

Таким чином, у роботі було досліджено особливості очищення дренажних вод полігонів ТПВ, зокрема, з використанням активованого розчину коагулянту сульфату алюмінію як стадії реагентного очищення.

Дослідження з ефективності використання активованого розчину коагулянту були виконані на модельній воді, склад якої наведено у таблиці 1.

При цьому були вивчені такі основні питання, як:

– зміна структурно-механічної гідратації гідроксиду алюмінію під час обробки стічних вод полігонів твердих побутових відходів активованим розчином сульфату алюмінію;

– вплив активованого розчину коагулянту на зміну сил зчеплення контактного середовища;

– вплив активованого розчину коагулянту на гідрравлічну крупність зкоагульованої суспензії.

У процесах очищення стічних вод найпоширенішим є коагулянт сульфат алюмінію, одним з недоліків якого є чутливість до температури води, що очищується, в основі чого лежить висока гідратація гідроксиду алюмінію за низьких температур.

Збільшенню ступеня гідратації в умовах низьких температур сприяє стабілізація золю гідроксидів алюмінію, внаслідок чого процес коагуляції може протікати не досить повно.

Таблиця 1

Якісна характеристика дренажних вод полігонів ТПВ та модельної води

Об'єкт дослідження	Період досліджень	Якісні показники								
		Сухий залишок, мг/дм ³	БПК ₅ , мгО/дм ³	ХПК, мг/дм ³	СПАР, мг/дм ³	Завислі речовини, мг/дм ³	pH	Азот, мг/дм ³	Нітрати, мг/дм ³	Сульфати, мг/дм ³
Фільтрат полігону	Зимовий	19052,7	165,67	1317,6	0,45	261,7	7,6	260,3	112,2	2236,3
	Весняний	23800,5	178,28	1200	15	217,7	7,5	77,24	116,8	2316,8
	Літній	28848,7	225	1202	1,45	222,36	7,5	172,0	133,2	2214,4
	Осінній	22514,3	194,5	1106,5	0,8	265,4	7,6	67,7	117,4	1620,1
Модельна вода		24265– 25612	132,5– 133,8	1042,4– 1055,5	1,5–1,7	225,77– 230,4	7,6–7,8	160,6– 165,4	123,2– 127,4	1823,4– 1942,7

Водонасичення продуктів зкоагульованих домішок стічних вод залежить насамперед від їх складу і структури. Зважаючи на малий радіус і великий заряд катіон Al^{3+} сильно гідратований. Гідроксильні групи, приєднані до катіонів Al^{3+} , також пов'язують велику кількість води. Особливо інтенсивно протікає включення води в початковий момент структуроутворення, коли, крім хімічної гідратації, відбувається механічне захоплення води.

Дослідження впливу активованого розчину коагулянту сульфату алюмінію на ступінь структурно-механічної гідратації коагульованих опадів виконували на модельній воді (таблиця 1).

Активациі піддавали 10% розчин коагулянту сульфату алюмінію, яким оброблялася стічна вода в циліндрах з конічним днищем.

Ступінь структурно-механічної гідратації осаду з гідрравлічною крупністю 0,2 м/с і більше визначалася відношенням:

$$\Gamma_o = \frac{\gamma_T - \gamma_o}{\gamma_o} \approx \frac{\gamma_T}{\gamma_o},$$

γ_o – питома вага твердої речовини, що утворює каркас пластівців осаду, г/мл;

γ_T – ваговий вміст твердої фази в одиниці об'єму осаду, г/мл;

$$\gamma_o = \frac{G}{hf},$$

G – вагова кількість твердої фази в осаді, г;

h – висота шару осаду;

f – площа перерізу циліндра; см^2 (8,2 см^2).

Вплив активації розчину коагулянту сульфату алюмінію залежно від напруженості магнітного поля і вміст у розчині коагулянту анодно-розчиненого заліза показано на рисунку 1. Аналіз відповідних досліджень, наведених у таблиці 2, показує, що на ступінь структурно-механічної гідратації впливає величина напруженості магнітного поля і вміст анодно-розчиненого заліза в розчині коагулянту сульфату алюмінію.

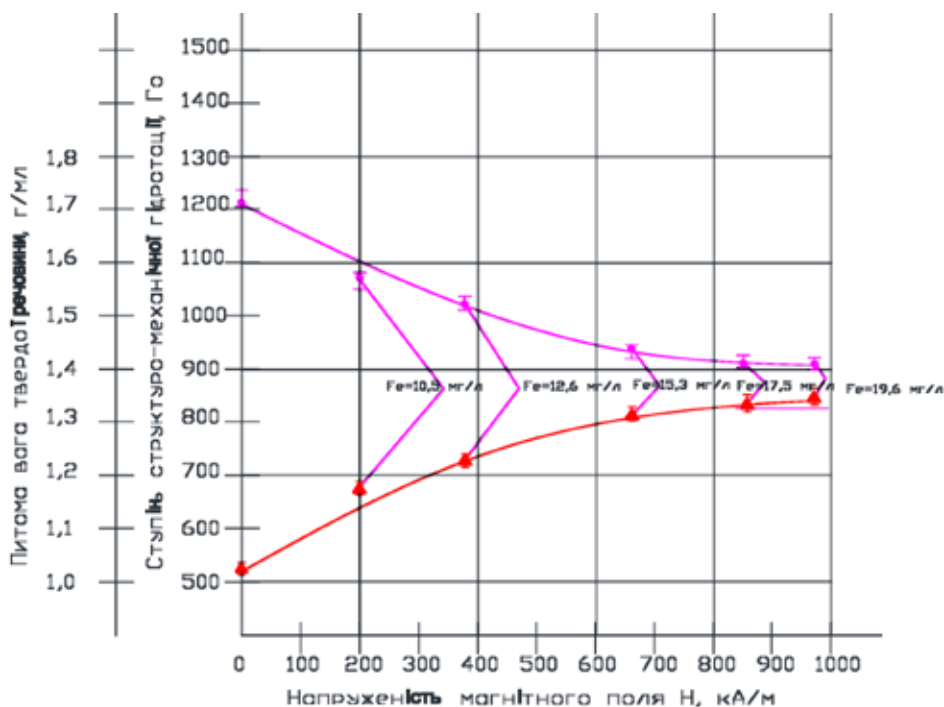


Рис 1. Зміна питомої ваги твердої речовини і ступеня структурно-механічної гідратації гідроксиду алюмінію під час обробки стічної води активованим розчином сульфату алюмінію

- – ступінь структурно-механічної гідратації;
- ▲ – питома вага твердої речовини, г/мл

У разі вмісту анодно-розчиненого заліза більше 17,5 мг/дм³ і напруженості магнітного поля 850 кА/м ступінь структурно-механічної гідратації практично не змінюється. Збільшення адсорбційної ємності гідроксиду алюмінію в результаті активації розчину коагулянту сприяє значному зниженню кольоровості фільтрату

і збільшенню питомої ваги осаду, отриманого в процесі коагуляції. Таким чином, за магнітно-електричної активації розчину коагулянту сульфату алюмінію збільшується питома вага твердої речовини, яка є базою (каркасом) для пластифікаторів осаду, що демонструють дані таблиці 2.

Таблиця 2

Зміна ступеня структурно-механічної гідратації гідроксиду алюмінію та питомої ваги твердої речовини контактного середовища у разі активації розчину коагулянту

Параметри активації		Ступінь структурно-механічної гідратації, Го		Зміна питомої ваги твердої речовини, %	Питома вага твердої речовини, г/мл		Зміна питомої ваги твердої речовини, %
Напруженість магнітного поля, кА/м	Вміст анодного розчиненого заліза, мг/дм ³	Середнє значення	Результати окремих дослідів		Середнє значення	Результати окремих дослідів	
0	0	1215	1212	–	1,035	1,031	–
			1214			1,034	
			1216			1,036	
			1218			1,039	
200	10,5	1067	1062	12,21	1,183	1,180	14,3
			1066			1,181	
			1069			1,184	
			1071			1,187	
375	12,5	1025	1020	15,6	1,226	1,223	18,5
			1024			1,224	
			1027			1,227	
			1029			1,230	
650	15,4	933	930	23,2	1,308	1,303	26,4
			932			1,307	
			934			1,310	
			936			1,312	
850	17,5	916	913	24,6	1,327	1,320	28,2
			914			1,324	
			918			1,329	
			919			1,335	
975	19,8	910	907	25,1	1,337	1,333	29,2
			908			1,336	
			912			1,338	
			913			1,341	

Таким чином, використання активованого розчину коагулянту дозволяє зменшити гідратацію зкоагульованих домішок стічних вод, що дає змогу прискорити процес утворення пластівців, підвищити питому вагу пластівців, що утворюються, величина якої впливає на седиментацію зкоагульованих домішок і утворення осаду, що дозволить прискорити процес освітлення стічної води загалом [4, с. 115–116; 5].

Далі розглянемо аналіз впливу активованого розчину коагулянту на гідравлічну крупність зкоагульованої суспензії, величину якої, зокрема, характеризує ефективність процесу седиментації, зважаючи на те, що швидке і повне розділення багатокомпонентної системи – дренажних вод полігонів ТПВ – певною мірою залежить від гідравлічної крупності суспензії, що утворилася під час обробки води коагулянтами.

Використання активованого розчину коагулянту дозволяє збільшити гідравлічну крупність зкоагульованої суспензії та інтенсивність процесу седиментації.

Дослідження виконувалися на модельній воді, якісна характеристика якої представлена в таблиці 1. Умови експерименту:

- температура 10,6–12,5°C;
- напруженість магнітного поля – 325 кА/м;
- вміст анодно-розчиненого заліза – 10,5–15,4 мг/дм³;

На рисунку 2 показано вплив активованого розчину сульфату алюмінію на гідравлічну крупність зкоагульованої суспензії у разі очищення дренажних стічних вод.

Встановлено, що використання активованого розчину сульфату алюмінію впливає на збільшення гідравлічної крупності суспензії у всьому діапазоні виконаних досліджень: так, у разі використання звичайного розчину коагулянту вміст дрібної суспензії з гідравлічною крупністю 0,1 мм/с становить за звичайного розчину коагулянту 65%, активованого розчину – 43%; за гідравлічної крупності 0,2 мм/с – 32% і 25% відповідно; за гідравлічної крупності 0,3 мм/с – 35% і 12% відповідно; за гідравлічної крупності 0,4 мм/с – 18% і 10% відповідно.

Під час дослідження впливу активованого розчину коагулянту на гідравлічну крупність зкоагульованої суспензії було встановлено, що ефективність залежить від вмісту завислих речовин у вихідній воді. Діапазон застосування активованого розчину перебуває в межах 25–250 мг/дм³. Найкращий результат досліджень було зафіксовано за вмісту завислих речовин у вихідній воді 100–150 мг/дм³ (рисунок 2).

Зі збільшенням кількості суспензії до 250 мг/дм³ ефективність обробки зменшується, а у разі подальшого підвищення вмісту завислих речовин використання активованого розчину коагулянту стає недоцільним. У разі зменшення вмісту завислих речовин до 25–50 мг/дм³ ефективність використання розчину коагулянту також зменшується: у разі каламутності 25 мг/дм³ завислі речовини з гідравлічною крупністю 0,2 мм/с видаляються на 23,1%, а 1,2 мм/с – 10,2%; у разі каламутності 50 мг/дм³ відповідно 26,2% і 12,5%; 100 мг/дм³ – 41,6% і 24,1%.

Таким чином, ефективність впливу активованого розчину коагулянту на гідравлічну крупність підвищується зі зменшенням останньої, що підтверджується проведеними дослідженнями для всього діапазону обробленої води.

Кількість суспензії, що випала у стічній воді, обробленій активованим розчином коагулянту, значно вища ніж за умови звичайної коагуляції. Так, суспензія розміром 0,2 мм/с у разі використання активованого розчину коагулянту видаляється на 91,1%, за звичайного – на 67,8%. Зі збільшенням гідравлічної крупності

зкоагульованої суспензії ефективність видалення суспензії трохи знижується: найбільша кількість суспензії під час обробки води активованим розчином коагулянту досягається за гідравлічної крупності 0,2 мм/с, а найменша – за 1,2 мм/с.

Отже, обробка дренажних вод полігонів ТПВ активованим розчином коагулянту сприяє підвищенню гідравлічної крупності зкоагульованих завислих речовин, при цьому збільшується кількість суспензії, що осідає з різною гідравлічною крупністю, що в підсумку інтенсифікує процес очищення.

Таким чином, у ході дослідження встановлено, що ступінь структурно-механічної гідратації суспензії у разі використання активованого розчину коагулянту сульфату алюмінію нижчий, ніж у разі використання звичайного розчину коагулянту. Структурно-механічна гідратація суспензії, що утворюється під час обробки стічної води активованим розчином коагулянту, залежить як від вмісту в розчині активованого сульфату алюмінію анодно-розчиненого заліза, так і від напруженості магнітного поля.

Коагуляція фільтрату активованим розчином коагулянту сприяє підвищенню гідравлічної крупності завислих речовин, при цьому збільшується кількість суспензії, що осідає з різною гідравлічною крупністю, що в підсумку інтенсифікує процес очищення води.

Також встановлено, що у разі використання активованого розчину сульфату алюмінію відбувається збільшення сил зчеплення контактного середовища, що активізує інтенсифікацію процесу очищення води, сприяє зниженню доз коагулянту у разі реагентного предочищення фільтрату.

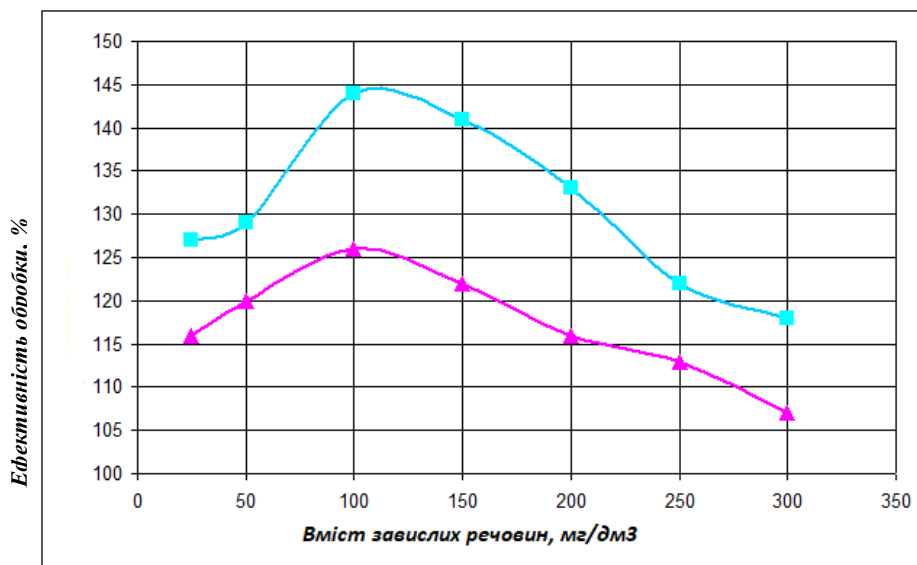


Рис. 2. Вплив активованого розчину коагулянту на гідравлічну крупність зкоагульованої суспензії залежно від вмісту завислих речовин ($t = 12,1^{\circ}\text{C}$; $H = 325 \text{ kA/m}$; $\text{Fe}^{3+} = 12,5 \text{ мг/дм}^3$):

—■— гідравлічна крупність $\geq 0,2 \text{ мм/с}$;

—▲— гідравлічна крупність $\geq 1,2 \text{ мм/с}$

за 100% прийнято вміст завислих речовин за звичайної коагуляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кашковський В.І., Кухар В.П. Способи знешкодження високотоксичних стоків звалищ твердих побутових відходів. *Наука та інновації*. 2005. Вип. 6, Т. 1. С. 107–116.
2. Baig S. Treatment of landfill leachates: Lapeyrouse and Satrod case studies. *Ozone science and engineering*. 1999. Vol. 21. P. 1–22.
3. Bolyard S.C., Reinhart D.R. Application of landfill treatment approaches for stabilization of municipal solid waste. *Waste Management*. 2016. Vol. 55. P. 22–30.
4. Дегтяр М.В. Інтенсифікація процесів очищення висококонцентрованих стічних вод. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування* : зб. наукових праць 2015. Вип.1 (69). С. 111–116.
5. Dushkin S., Martynov S., Dushkin S.S., Degtyar M. Purification of filtering drainage wastewater of solid waste landfills with modified coagulant solutions. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03604-8>.

REFERENCES:

1. Kashkovsky, V., Kuhar, V. (2005). Sposoby zneshkodzhennya vysokotoksychnykh stokiv zvalyshch tverdykh pobutovykh vidkhodiv [Methods of neutralization of highly toxic effluents from solid waste landfills]. *Nauka ta inovatsiyi – Science and innovation*. 6, Vol. 1. 107–116 [in Ukrainian].
2. Baig S. (1999). Treatment of landfill leachates: Lapeyrouse and Satrod case studies. / S. Baig, I. Coulomb, P. Courant. *Ozone science and engineering*. 21. P. 1–22 [in English].
3. Bolyard, S.C., Reinhart, D.R. (2016). Application of landfill treatment approaches for stabilization of municipal solid waste. *Waste Management*. Vol. 55. P. 22–30 [in English].
4. Degtyar M. (2015). Intensyfikatsiya protsesiv ochyshchennya vysokokontsentryovanykh stichnykh vod [Intensification of highly concentrated wastewater treatment processes]. *Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya*. Zb. naukovykh prats'. 1 (69), 111–116 [in Ukrainian].
5. Dushkin S., Martynov, S., Dushkin, S.S. Degtyar, M. (2021). Purification of filtering drainage wastewater of solid waste landfills with modified coagulant solutions. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03604-8> [in English].

УДК 514.181.22

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.10>

ГЕОМЕТРИЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСЦЕНДЕНТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРОСТОРУ

Петрова А.Т. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-1482-2868

У статті розглядаються питання, пов'язані з вивченням можливостей деяких спеціальних координатних систем, які можуть застосовуватися під час проєктування поверхонь складної криволінійної форми. Криві поверхні застосовуються в багатьох галузях науки й техніки, зокрема машинобудуванні, будівництві, архітектурі та інших галузях знань, а також на виробництві. Конструювання складних кривих поверхонь може бути спрощеним, якщо під час проєктування застосовується геометричний апарат створення спеціальної координатної системи. У таких випадках геометричний апарат спеціальної координатної системи органічно зв'язується з геометрією та кінематикою поверхні, що конструюється.

У практиці архітектурного проєктування є чимало прикладів застосування спеціальної координатної системи під час проєктування оболонок і різних криволінійних варіантів покриттів будівельних об'єктів та інших споруд. У зв'язку із цим у роботі пропонується докладний опис геометричних перетворень прямокутної декартової системи координат на інші координатні системи. Будь-яку тривимірну систему координат представимо у вигляді трьох умовних осей і трьох величин, що відкладаються на цих осях. Осі можуть бути прямолінійними чи криволінійними, а координати можуть бути лінійними величинами, кутовими, виражатися простим числом або взагалі бути якоюсь функцією деяких наперед заданих параметрів.

Будь-яка точка, лінія або навіть поверхня може використовуватися як початок відліку вибраних координат. Таким чином, отриману безліч координатних систем можна назвати узагальненою координатною системою. Водночас сутність будь-якої просторової координатної системи може бути представлена певною конгруенцією. Геометричним апаратом узагальненої координатної системи є будь-яка конгруенція прямих чи кривих ліній з урахуванням конкретних умов, що зв'язують параметри конгруенції. У визначення «узагальнена координатна система» включаються також відомі в математиці циліндрична та сферична координатні системи.

Ключові слова: координатні системи, геометричний апарат, перетворення простору, криві поверхні, узагальнена система.

Petrova A. T. Geometric aspects of transcendent transformation of space

This article discusses issues related to the study of the capabilities of some special coordinate systems that can be used in the design of surfaces of complex curvilinear shape. Curved surfaces are used in many branches of science and technology, including mechanical engineering, construction, architecture and other fields of knowledge and production. The design of complex curved surfaces can be significantly simplified if the geometric apparatus for creating a special coordinate system is used in the design. In such cases, the geometric apparatus of a special coordinate system is organically linked with the geometry and kinematics of the constructed surface.

In the practice of architectural design, there are many examples of the use of a special coordinate system in the design of shells and various curvilinear options for coatings of building objects and other structures. In this regard, this paper offers a detailed description of the geometric transformations of a rectangular Cartesian coordinate system into other coordinate systems.

Any three-dimensional coordinate system is represented in the form of three conditional axes and three quantities plotted on these axes. The axes can be rectilinear or curvilinear, and the coordinates can be linear quantities, angular, expressed as a prime number or in general by some function of some predefined parameters or any function at all. Any point, line, or even surface can be used as the origin of the selected coordinates. Thus, the resulting set of coordinate systems can be called a generalized coordinate system.

At the same time, the essence of any spatial coordinate system can be represented by a certain congruence. The geometric apparatus of a generalized coordinate system is any congruence of straight or curved lines, taking into account the specific conditions connecting the parameters of the congruence. The definition of "generalized coordinate system" includes the well-known cylindrical and spherical coordinate systems.

Key words: coordinate systems, geometric apparatus, transformation of space, curved surfaces, generalized system.

Вступ. Конструювання складних технічних форм посідає вагоме місце у процесі проєктування різних кривих поверхонь у багатьох галузях науки й техніки, зокрема машинобудуванні, будівництві та архітектурі. Проблема полягає в тому, що для відтворення будь-якої криволінійної поверхні в реальних умовах необхідно мати можливість аналітичного опису поверхні, що конструюється, або графічний алгоритм побудови її каркаса.

Постановка завдання. На стадії проєктування завдання проєктувальника полягає у визначенні геометричного апарату конструювання, який дає можливість застосовувати деякий спосіб утворення каркасу поверхні. Сучасні геометричні методи конструювання складних криволінійних поверхонь дають можливість вибору, зокрема вибору спеціальної координатної системи, застосування якої полегшує процес проєктування.

Застосування в геометричному апараті проєктування спеціальних координатних систем приводить до отримання графічного алгоритму конструювання (побудови) каркасу складної поверхні або її аналітичного опису, що дає можливість обчислити координати будь-якої точки поверхні, що проєктується. Схожі методики застосовувалися у працях В.Є. Михайленка, С.М. Ковальова та інших авторів [1; 2].

Виклад основного матеріалу. Змінюючи умови, що характеризують параметри променя та точки на ньому різних конгруенцій, можна сконструювати безліч просторових координатних систем, окремими випадками яких є розглянуті в геометрії відомі циліндрична та сферична системи координат. Зазначені системи входять до загальної схеми утворення, узагальненої координатної системи, побудованої за принципом трьох осей і трьох координат, що їм відповідають. Наявність загальної схеми дає змогу за умови задання об'єкта в одній системі координат трьома координатами цими ж координатами в іншій системі задавати новий об'єкт, кожній точці якого можна поставити у відповідність точку вихідного об'єкта. За цим принципом засновані різні координатні перетворення простору.

Залежно від розглянутих вище факторів, що впливають на вигляд узагальненої координатної системи, вибраної як перетворена, можна отримати різні перетворення простору: алгебраїчні та трансцендентні, одно- й багатозначні. Вигляд і параметри конгруенції, що застосовується як перетворена система координат, вибираються залежно від того, яке перетворення необхідно виконати для практичного вирішення певної конкретної задачі під час конструювання складних кривих поверхонь, зокрема оболонок [2].

Розглянемо процес перетворення декартової системи координат на узагальнену в іншому аспекті. Як уже було сказано, три координати, що характеризують об'єкт в одній системі, в іншій системі задають новий об'єкт, тобто за постійних координатних величин змінюються умови їх відліку або геометричний зміст координатних осей. Можна припустити, що з позиції фізики цей процес є деформацією вихідної координатної системи та взагалі координатного простору, що з геометричної позиції має назву координатного перетворення простору. Вид

геометричного перетворення залежить від виду та ступеня деформації простору. Завданням певних характеристик деформації координатної системи встановлюється відповідність точок перетвореного об'єкта точкам вихідного об'єкта.

Приклад. Задаємо у прямокутній декартовій системі координат $OXYZ$ точку $A(x,y,z)$, а як узагальнену координатну систему візьмемо конгруенцію $K\Gamma(1,1)$ прямих ліній, директрисами яких є дві прямі – a, b загального положення. Призначимо умови відліку координат узагальненої координатної системи. Точки O і O_1 на прямих a, b є початком відліку параметрів променя. Параметрами променя нехай будуть координати x, y точки, що перетворюється, які відкладаються, відповідно, на директрисах a, b (див. рис. 1).

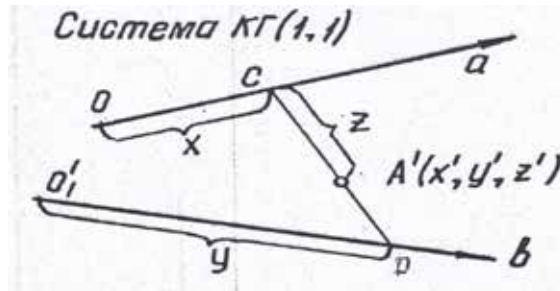


Рис. 1. Перетворення точки A в системі конгруенції

Параметром точки на промені конгруенції нехай буде координата z точки A , що відкладається на промені від прямої a . Координати точки A , що перетворюється, виділяють єдиний промінь конгруенції – CD , на якому знаходиться точка A , що відповідає заданій точці A . За таким же принципом на рис. 2 поверхня Φ перетворена в тій же узагальненій координатній системі, утвореній із конгруенції $K\Gamma(1,1)$, за тих же умов відліку координат, на нову поверхню Φ' .

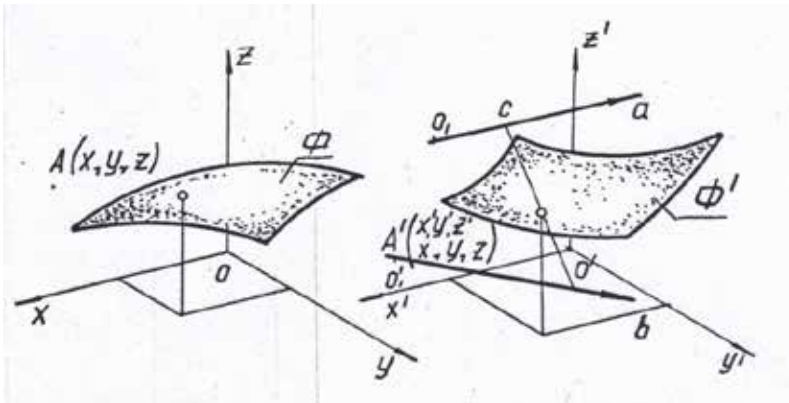


Рис. 2. Перетворення поверхні Φ на поверхню Φ'

У такій узагальненій координатній системі рівняння отриманої поверхні не змінює вигляд: $F(x,y,z)=0$. Для запису рівняння отриманої перетвореної поверхні декартової системи координат необхідно мати формули переходу координат узагальненої системи в координати декартової системи, тобто:

$$X=f(x,y,z,u,v), Y=f(x,y,z,u,v), Z=f(x,y,z,u,v), \quad (1)$$

де u, v – параметри конгруенції.

Вище було сказано, що циліндрична координатна система є окремим випадком узагальненої системи координат, утвореної з конгруенції $K\Gamma(l, l)$ горизонтальних прямих. Однією директрисою конгруенції є вертикальна пряма, а іншою – нескінченно віддалена пряма (горизонтальна площина паралелізму). Параметрами променя конгруенції є величини i, z , параметром точки на промені – величина ρ . Таке перетворення, коли лінійними координатами вихідної системи ставляться у відповідність кутові координати, можна назвати трансцендентним перетворенням простору.

Розглянемо одне з трансцендентних перетворень простору, коли декартова система координат перетворюється, тобто деформується в циліндричну. У такому трансцендентному перетворенні замість лінійної координати x варто задаватися кутовою координатою φ , дві інші лінійні координати – z та $y = \rho$ – залишаються незмінними. Такому перетворенню, що розглядається як деформація простору, можна надати фізичного змісту, а саме: якщо взяти гнучку фронтальну площину, прикріпити до неї жорсткі стержні, як показано на рис. 3, а в створі на вільних кінцях стержнів просмикнути нитку, що є віссю OX , то під час стягування нитки стержні розташуються радіально, пряма AB стане дугою кола радіуса r , що дорівнює довжині стержнів, а площина Σ zdeформується в циліндричну поверхню. При цьому якщо довжина $\ell = 2\pi r$, то циліндр буде замкнутим. Рівняння площини виражене як $\Sigma y = a$, а рівняння отриманої перетвореної поверхні – $\rho = a$.

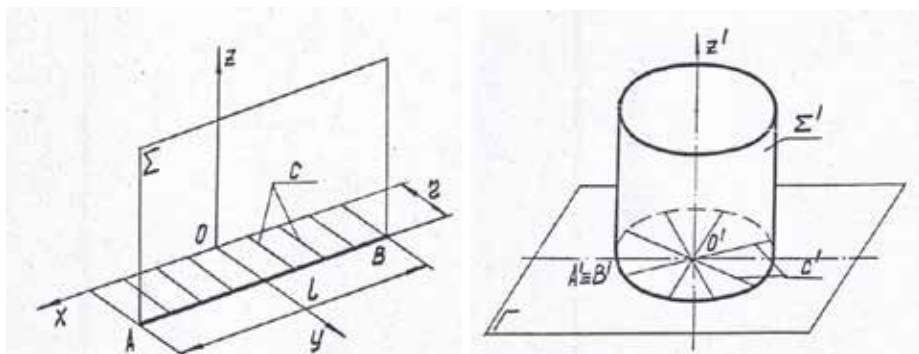


Рис. 3. Фізичний сенс трансцендентного перетворення простору як його деформації

Для визначення ступеня деформації простору в цьому перетворенні необхідно встановити однозначну залежність між лінійною координатою x та кутовою координатою φ (радіан).

Розглянемо, як деформується в цьому перетворенні пряма лінія MN , що проходить через початок координат горизонтальної площини, рівняння цієї прямої виражене як $y = kx$. У цьому трансцендентному перетворенні цій прямій відповідає крива, рівняння якої – $\rho = a\varphi$, де координата $\rho = y$, а координата x перетворюється на кутову координату φ . Це рівняння описує спіраль Архімеда, що розташована в горизонтальній площині. Вертикальна площина, проведена через вихідну пряму MN , деформується в перетворенні на циліндричну поверхню, у якій напрямною лінією є спіраль Архімеда. На рис. 4 показані варіанти деформації перетворення прямих ліній і площини декартової системи координат у циліндричні поверхні, що направляють, відповідно, прямі лінії, перетворені на спіралі

Архімеда. Очевидність трансцендентності розглянутого перетворення, як деформації простору, підтверджується ідентичністю алгебраїчного запису рівняння прямої лінії $y = kx$ та рівняння спіралі Архімеда $\rho = a \varphi$.

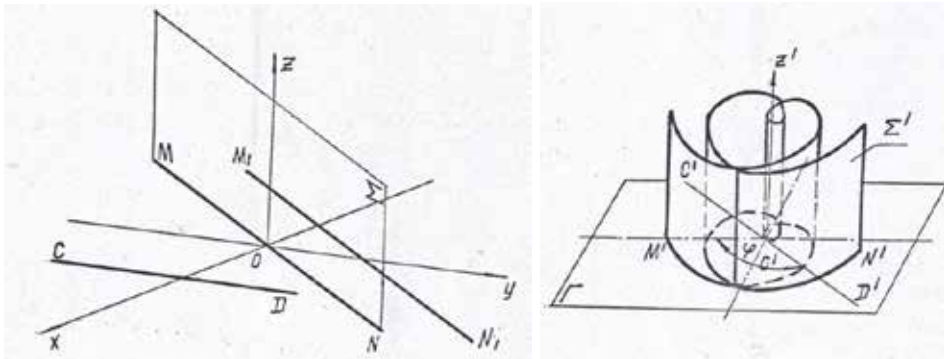


Рис. 4. Перетворення (деформація) прямих ліній і площини на спіралі Архімеда та циліндричну поверхню

Деформацію інших геометричних об'єктів, наприклад площини загального положення, у цьому перетворенні розглянемо на прикладі площини загального положення Σ (див. рис. 5). Наносимо на площині два сімейства ліній – фронтальні та профільні. Сімейство фронтальних ліній вихідної площини перетворюється на каркас гвинтових ліній різних параметрів, а сімейство профільних прямих перетворюється на прямолінійні утворюючі лінійної поверхні, у якій однією напрямною лінією є вісь OZ , а другою напрямною є спіраль Архімеда. На отриманій поверхні можна виділити ще один каркас зі спіралей Архімеда, отриманий перетворенням горизонталей вихідної площини.

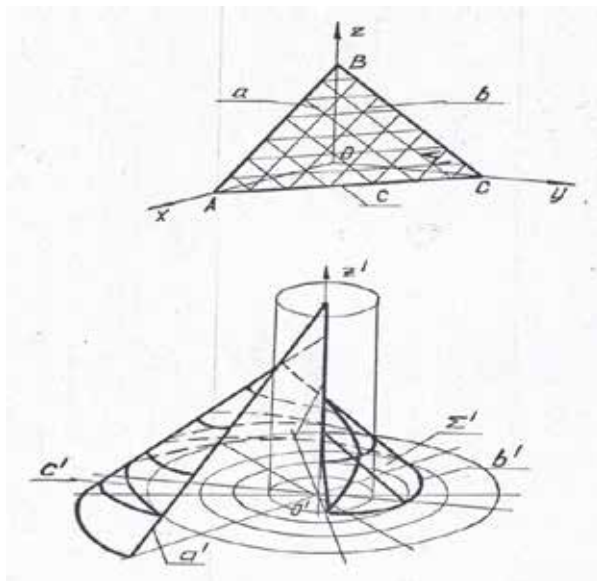


Рис. 5. Трансцендентне перетворення площини загального положення на криву лінійну поверхню

Висновки. У роботі ми спробували навести узагальнену схему утворення тривимірних координатних систем із погляду деформації простору як його перетворення, зокрема й цього трансцендентного перетворення. Наведені геометричні дослідження дали можливість надалі вивчити характеристики, властивості й можливості цього трансцендентного перетворення вихідних об'єктів – плоских і просторових кривих ліній – на відповідні перетворені лінії та поверхні.

Результати наведених досліджень цього трансцендентного перетворення можуть застосовуватися під час конструювання складних кривих поверхонь у процесі розроблення алгоритму їх графічної побудови або аналітичного опису для визначення координатних величин будь-якої точки кривої поверхні, що конструється.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Михайленко В.Е., Обухова В.С., Подгорный А.Л. Формообразование оболочек в архитектуре. Киев: Будівельник, 1972. 207 с.
2. Михайленко В.Е., Ковалев С.Н., Умаров М.У. Конструирование поверхностей тонкостенных оболочек. *Прикладная геометрия и инженерная графика*. 1982. Вып. 33. С. 3–5.

REFERENCES:

1. Mikhaylenko, V.E., Obukhova, V.S., Podgornyy, A.L. (1972). *Formoobrazovanie obolochek v arkhitecture [Shaping shells in architecture]*. Kyiv: Budivelnik [in Russian].
2. Mikhaylenko, V.E., Kovalev, S.N., Umarov, M.U. (1982). *Konstruirovaniye poverkhnostey tonkostennykh obolochek [Surface design of thin-walled shells]. Prikladnaya geometriya i inzhenernaya grafika – Applied Geometry and Engineering Graphics*, issue 33, pp. 3–5 [in Russian].

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Болгова Н.В.....	33	Назаренко Ю.В.	33
Волошин М.М.	61	Петрова А.Т.....	83
Дегтяр М.В.....	75	Петрова О.І.	54
Душкін С.С.	75	Підпала Т.В.	54
Желева Т.С.	47	Розуменко А.Р.	47
Зюзько А.В.....	54	Самілик М.М.	33
Козак Є.Б.....	14	Соколенко В.В.	33
Козленко Є.В.....	68	Стріха Л.О.....	54
Морозов В.В.	68	Худік Н.Д.....	24
Морозов О.В.	68	Zavodyannyi V.V.....	3

ЗМІСТ

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ**ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....3****Zavodyannyi V.V.** Crystal structure of K_3TiOF_5 compound3**Козак Є.Б.** Щодо формування масиву даних на базі нейронної мережі у сфері інтернету речей 14**Худік Н.Д.** Основні аспекти безпечного використання хмарних технологій в умовах пандемії COVID-1924**ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ.....33****Болгова Н.В., Самілик М.М., Назаренко Ю.В., Соколенко В.В.** Технологія виробництва безлактозного йогурту з дотриманням принципів системи НАССР....33**Желєва Т.С., Розуменко А.Р.** Вплив харчових добавок рослинного походження на функціонально-технологічні властивості заморожених м'ясних напівфабрикатів47**Стріха Л.О., Підпала Т.В., Петрова О.І., Зюзько А.В.** Дослідження оптимізованої технології виробництва олії соняшникової та якісних показників продукції54**ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО,****ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ61****Волошин М.М.** Розробка схеми оптимізації роботи комбінованого головного колектора «КНС-5 – КНС-4» централізованої системи водовідведення міста Херсона.....61**Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В.** Застосування геомембрани SolmaxHDPE з поліетилену високої щільності у разі відновлення протифільтраційного облицювання зрошувальних каналів у південному регіоні України.....68**БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ.....75****Дегтяр М.В., Душкін С.С.** Оптимізація параметрів реагентного очищення дренажних вод полігонів твердих побутових відходів75**Петрова А.Т.** Геометричні аспекти трансцендентного перетворення простору83

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY	3
Zavodyannyi V.V. Crystal structure of K_3TiOF_5 compound	3
Kozak Ye.B. Regarding the formation of a data set based on a neural network in the field of the Internet of Things	14
Khudik N.D. Main aspects of safe use of cloud technologies in a COVID-19 pandemic	24
FOOD TECHNOLOGY	33
Bolgova N.V., Samilyk M.M., Nazarenko Y.V., Sokolenko V.V. Technology for the production of lactose-free yoghurt in compliance with the principles of the HACCP system	33
Zhelieva T.S., Rozumenko A.R. Influence of plant food additives on functional and technological properties of frozen meat semi-finished products.....	47
Strikha L.O., Pidpala T.V., Petrova O.I., Ziuzko A.V. Research of optimized technology of sunflower oil production and product quality indicators	54
HYDRAULIC CONSTRUCTION, WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES	61
Voloshin M.M. Development of the scheme of optimization of work of the combined main collector “KNS-5 – KNS-4” of the centralized drainage system of the city of Kherson	61
Morozov O.V., Morozov V.V., Kozlenko Y.V. Application of SolmaxHDPE geomembrane from high-density polyethylene at restoration of antifiltration facing of irrigated channels in the Southern region of Ukraine.....	68
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING	75
Degtyar M.V., Dushkin S.S. Optimization parameters of leachate reagent treatment.....	75
Petrova A.T. Geometric aspects of transcendent transformation of space.....	83

Таврійський науковий вісник

Випуск 4

Технічні науки

Підписано до друку 05.11.2021 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 7,48.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
73021, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а
Телефони: +38 (0552) 39-95-80, +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.