



# APPLIED, TECHNICAL AND AGRICULTURAL SCIENCES: INTRODUCTION OF THE LATEST TECHNOLOGIES INTO USE

Collective monograph

ISBN 979-8-89443-776-7

DOI 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3

BOSTON(USA)-2024

ISBN – 979-8-89443-776-7

DOI – 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3

*Applied, technical and  
agricultural sciences:  
introduction of the latest  
technologies into use*

*Collective monograph*

*Boston 2024*

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

ISBN – 979-8-89443-776-7

DOI – 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3

Authors – Ващенко В., Шевченко О., Вінюков О., Вискуб Р.,  
Бондарева О., Lemeshev M., Bereziuk O., Sivak R., Mysak I., Samilyk M.,  
Demidova E., Synenko T., Задорожна В.М., Жила В.І., Лисиченко М.Л.,  
Косуліна Н.Г., Якушенко Є.М., Максимов В.В., Храповицький І.А., Доля К.В.,  
Доля О.Є., Кирчата І.М., Сєрих Д.С.

#### REVIEWER

Ivan Katerynychuk – Doctor of Technical Sciences, Professor, Honoured Worker of Education of Ukraine, Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Professor of the Department of Telecommunication and Information Systems of Bohdan Khmelnytskyi National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine.

Kostiantyn Dolia – Doctor of Engineering, Department of automobile and transport infrastructure, National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”.

Published by Primedia eLaunch

<https://primediaelaunch.com/>

Text Copyright © 2024 by the International Science Group(isg-konf.com) and authors.

Illustrations © 2024 by the International Science Group and authors.

Cover design: International Science Group(isg-konf.com). ©

Cover art: International Science Group(isg-konf.com). ©

All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required.

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe and Ukraine. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science.

The recommended citation for this publication is:

**Applied, technical and agricultural sciences: introduction of the latest technologies into use:** collective monograph / Lemeshev M., Bereziuk O., Sivak R. – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2024. 122 p. Available at : DOI – 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3

TABLE OF CONTENTS

1. AGRONOMY		
1.1	Ващенко В. <sup>1</sup> , Шевченко О. <sup>1</sup> , Вінюков О. <sup>2</sup> , Вискуб Р. <sup>2</sup> , Бондарева О. <sup>2</sup>  ЕКОЛОГІЧНЕ СОРТОВИПРОБУВАННЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ РІЗНИХ СЕЛЕКЦІЙНИХ УСТАНОВ В УМОВАХ ПІВДЕННО-СХІДНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ  <sup>1</sup> Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна <sup>2</sup> Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН, Україна	5
2. ARCHITECTURE, CONSTRUCTION		
2.1	Lemeshev M. <sup>1</sup> , Bereziuk O. <sup>2</sup> , Sivak R. <sup>1</sup>  IMPROVING THE PERFORMANCE OF NON-AUTOCLAVED FOAM CONCRETE FOR USE IN ROAD CONSTRUCTION  <sup>1</sup> Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Ukraine <sup>2</sup> Department Security of Life and Pedagogic of Security, Vinnytsia National Technical University, Ukraine	21
2.2	Mysak I. <sup>1</sup>  BIM TECHNOLOGY IN UKRAINE AND ITS SWOT ANALYSIS  <sup>1</sup> Department of Hydraulic and Water Engineering, Lviv Polytechnic National University	29
3. FOOD AND LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGY		
3.1	Samilyk M. <sup>1</sup> , Demidova E. <sup>1</sup> , Synenko T. <sup>1</sup>  OPTIMISATION OF DRYING OF SORBUS AUCUPARIA FRUIT PROCESSING DERIVATIVES USING THE RESPONSE SURFACE METHODOLOGY  <sup>1</sup> Department of Technology and Food Safety, Sumy National Agrarian University	38
3.1.1	INTRODUCTION	39
3.1.2	EXPERIMENTAL PART	42
3.1.3	RESEARCH RESULTS AND THEIR DISCUSSION	45
3.1.4	CONCLUSION	52
3.2	Задорожна В.М. <sup>1</sup> , Жила В.І. <sup>2</sup> , Лисиченко М.Л. <sup>1</sup> , Косуліна Н.Г. <sup>1</sup> , Якушенко Є.М. <sup>2</sup>  ТЕХНОЛОГІЯ "ХОЛОДНОЇ ПАСТЕРИЗАЦІЇ" МОЛОКА  <sup>1</sup> кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки, Державний біотехнологічний університет, Харків <sup>2</sup> кафедра інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування, Державний біотехнологічний університет, Харків	53

4.	<b>RADIO ENGINEERING AND TELECOMMUNICATIONS</b>	
4.1	Максимов В.В. <sup>1</sup> , Храповицький І.А. <sup>1</sup> <b>КОМПОЗИТНІ КОДИ БАРКЕРА</b>  <sup>1</sup> Кафедра електронних комунікацій та інтернету речей, Інститут телекомунікаційних систем, КПІ імені Ігоря Сікорського, Київ, Україна	69
5.	<b>TRANSPORT</b>	
5.1	Доля К.В. <sup>1</sup> , Доля О.Є. <sup>2</sup> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ В СИСТЕМІ МІЖМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ</b>  <sup>1</sup> кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна  <sup>2</sup> кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна	83
5.1.1	<b>ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАПІВ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ СИСТЕМ МІЖМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ</b>	83
5.1.2	<b>ФОРМУВАННЯ МАСИВУ ВХІДНИХ ДАНИХ</b>	84
5.1.3	<b>ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІН ФУНКЦІЇ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ ВІД ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ</b>	85
6.	<b>WORLD ECONOMY AND INTERNATIONAL ECONOMIC RELATIONS</b>	
6.1	Кирчата І.М. <sup>1</sup> , Серих Д.С. <sup>1</sup> <b>ЗАЛУЧЕННЯ ГРОМАДСЬКОСТІ ДО РОЗРОБКИ МІСЦЕВИХ ПРОГРАМ З ЕКОНОМІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ ПОСТТРАЖДАЛИХ ГРОМАД</b>  <sup>1</sup> Харківський національний автомобільно-дорожній університет	101
	<b>REFERENCES</b>	112

**SECTION 1. AGRONOMY**

DOI: 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3.1.1

**1.1 Екологічне сортовипробування сортів пшениці озимої різних селекційних установ в умовах південно-східного Степу України**

Вирішальним фактором при створенні нових сортів є правильний підбір батьківського матеріалу при гібридизації. Багаторічна оцінка селекційного матеріалу при різних погодних умовах дозволяє виділити високоврожайні, зимостійкі, посухостійкі, стійкі до хвороб і вилягання, найбільше пристосовані сортозразки для вирощування в умовах південно-східного Степу України [1-3]. Потребують подальші дослідження з використанням сучасного складу генотипів у конкретних агрокліматичних умовах у зв'язку з глобальними змінами клімату.

Метою досліджень було вивчення сортів пшениці озимої в екологічному сортовипробуванні для подальшого їх використання як вихідного селекційного матеріалу в умовах південно-східної частини Степу України за рівнем продуктивності.

Екологічне сортовипробування пшениці озимої сіяли на ділянках площею 10 м<sup>2</sup> у трикратному повторенні в порівнянні з умовним стандартом через 10 сортів.

Фенологічні спостереження, обліки виконані згідно методики Держсортівипробування [4]. Статистична оцінка виконана згідно методики польового дослідження Б. А. Доспехова із застосуванням ППП «ОСГЕ» [5].

Дослідження виконувались в сівозміні ДДСДС НААН, яка розташована у Волноваському районі Донецької області. Ґрунт – чорнозем звичайний малогумусний важко суглинковий. Попередник – пар. Обробіток ґрунту звичайний. Внесені оптимальні дози мінеральних добрив N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> під передпосівну культивуацію. Посів, заходи по боротьбі з бур'янами і хворобами проводились в необхідні терміни.

В екологічному сортовипробуванні 2020 року було висіяно 29 сортів пшениці м'якої озимої селекційних установ України: Селекційно-генетичного

інституту національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН, Інституту фізіології рослин і генетики НААН, Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН, Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Метеоумови за період вегетації пшениці озимої 2019-2020 рр. наведені в табл.1. Показники вегетаційного періоду і структури урожайності сортів в екологічному сортовипробуванні 2020 року представлено в табл. 2 і 3.

Сівбу здійснено 19.09.2019 року, початок сходів відмічено 3.10.2019 р. повні сходи 6.10. 2019 р. Кущіння сортів спостерігалось: початок 22.10 2019 р., повне кущіння 27.10.2019 р. За загальною оцінкою після перезимівлі всі сорти мали оцінку добре, але задовільний стан відмічене у сортів: Січеславна і Годувальниця. Загальний стан рослин після перезимівлі бува відмінний у більшості сортів. У сортів Годувальниця, Новосмуглянка, Богдана. Юзовська і Київська 17 він був добрий, і лише у сортів Січеславна і Перемога був задовільний. Кущіння та розвиток рослин сорти проходили дружно, відростання вторинної кореневої системи було добрим. За датою колосіння: початок відмічене 11.05. 2020 р. по 24.05.2020 р. Ранній строк колосіння був у сортів Смуглянка, Соріал, пізній строк (з 19.05.20 р. по 21.05.20 р.) у сортів Новосмуглянка і Богдана.

Воскова стиглість відмічена 29.06.2020 р. у сортів Корисна, Січеславна і Пейзаж, 30.06.2020 р. – у сортів Комерційна, Соріал, Аміна, до 10. 07. 2020 р. у сорту Єдність.

За кількістю зерен в колосі найбільша у сортів Малинівка 35 шт. та Годувальниця 34 шт., по 32 зерен в колосі у сортів Подолянка, Смуглянка, Комерційна всі інші сорти формували від 25 шт. у сортів Пейзаж, Шестал та Диво донецьке до 31 у сортів Співанка, Зоряна, Городниця та Мудрість одеська.

Таблиця 1.

Метеоумови за період вегетації пшениці озимої, 2019–2020 рр.

Місяць	Декада	Сума активних температур	Сума опадів, мм	ГТК	Температура повітря, °С	Вологість повітря, %
вересень	I декада	211,9	0,0	0,0	21,2	51,6
	II декада	156,2	21,6	1,4	15,6	57,0
	III декада	108,6	0,1	0,0	10,3	64,7
	за весь місяць	<b>476,7</b>	<b>21,7</b>	<b>0,5</b>	<b>15,7</b>	<b>57,8</b>
жовтень	I декада	117,2	23,4	2,0	11,7	75,6
	II декада	158,2*	11,8*	0,7*	12,4	80,4
	III декада		0,7		<b>8,0</b>	<b>85,7</b>
	за весь місяць	<b>275,4</b>	<b>35,2</b>	<b>1,3</b>	<b>10,7</b>	<b>80,6</b>
листопад	I декада		9,9		7,9	77,4
	II декада		0,5		5,3	85,9
	III декада		21,3		-0,4	74,6
	за весь місяць		<b>31,7</b>		<b>4,2</b>	<b>79,3</b>
грудень	I декада		4,4		-0,0	85,6
	II декада		5,7		3,1	92,4
	III декада		7,2		2,6	88,7
	за весь місяць		<b>17,3</b>		<b>1,9</b>	<b>88,9</b>
січень	I декада		5,9		-0,5	87,1
	II декада		1,7		-0,7	89,1
	III декада		11,5		0,5	84,5
	за весь місяць		<b>19,1</b>		<b>-0,3</b>	<b>86,9</b>
лютий	I декада		43,8		-3,4	86,7
	II декада		8,5		0,5	83,0
	III декада		16,0		3,3	84,0
	за весь місяць		<b>68,3</b>		<b>0,1</b>	<b>84,6</b>
березень	I декада		0,9		10,0	63,8
	II декада		5,1		5,0	63,2
	III декада		9,3		5,9	57,5
	за весь місяць		<b>15,3</b>		<b>7,0</b>	<b>61,5</b>
квітень	I декада		0,0		6,7	45,8
	II декада		4,6		8,1	51,5
	III декада	79,3	1,2	0,15	10,0	51,5
	за весь місяць	<b>79,3</b>	<b>5,8</b>	<b>0,15</b>	<b>8,2</b>	<b>49,6</b>
травень	I декада	142,5	26,2	1,8	14,3	72,9
	II декада	133,7	17,8	1,3	13,4	65,3
	III декада	149,5	51,0	3,4	13,6	71,7
	за весь місяць	<b>425,7</b>	<b>95,0</b>	<b>2,2</b>	<b>13,7</b>	<b>70,0</b>
червень	I декада	199,6	1,7	0,1	20,0	63,4
	II декада	242,4	1,1	0,0	24,2	55,4
	III декада	232,7	9,0	0,4	23,3	58,3
	за весь місяць	<b>674,7</b>	<b>11,8</b>	<b>0,2</b>	<b>22,5</b>	<b>59,0</b>
За осінню вегетацію		<b>384,0</b>	<b>35,3</b>	<b>0,92</b>		
За весняно-літню вегетацію		<b>1433,4</b>	<b>151,4</b>	<b>1,06</b>		
За весь період вегетації		<b>1817,4</b>	<b>186,7</b>	<b>1,03</b>		



Таблиця 2.

Показники вегетаційного періоду сортів в екологічному сортовипробуванні,  
2020 р.

№ з/п	Назва сорту	Посів 2019 р.	Дати							
			Сходи		Кущіння		Загал. бал перезимівлі	Колосіння		Стиглість
			початок	повні	початок	повне		початок	повне	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Подолька	19.09.	03.10	06.10	22.10	27.10	5-	15.05	17.05	01.07
2	Смуглянка	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	11.05	13.05	02.07
3	Золотоколоса	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5-	18.05	20.05	02.07
4	Мудрість од.	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	16.05	20.05	02.07
5	Малинівка	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	15.05	17.05	03.07
6	Годувальниця	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	4	17.05	19.05	01.07
7	Городниця	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5-	15.05	17.05	01.07
8	Новосмуглянка	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	4	19.05	21.05	03.07
9	Богдана	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	4	20.05	24.05	03.07
10	Юзовська	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	4	14.05	16.05	01.07
11	Перемога	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	3	13.05	15.05	30.06
12	Ігрита	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5-	14.05	16.05	01.07
13	Диво донецьке	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	14.05	16.05	01.07
14	Шестал	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	15.05	17.05	01.07
15	Плеяда	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	15.05	17.05	01.07
16	Київська 17	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	4	16.05	18.05	02.07
17	Покровська	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	15.05	17.05	01.07
18	Пейзаж	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	15.05	17.05	29.06
19	Січеславна	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	3	14.05	16.05	29.06
20	Аміна	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	12.05	14.05	30.06
21	Соріал	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	11.05	14.05	30.06
22	Зоряна	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	18.05	20.05	01.07
23	Лаваль	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	17.05	19.05	01.07
24	Богиня	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	16.05	19.05	02.07
25	Олесіївка	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	16.05	19.05	01.07
26	Співанка	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5-	13.05	15.05	01.07
27	Корисна	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5	13.05	15.05	29.06
28	Комерційна	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5-	13.05	15.05	30.06
29	Єдність	19.09	03.10	06.10	22.10	27.10	5-	15.05	16.05	10.07

За масою зерен з колосу відмічене наступне: максимальна у сорту Аміна 1,40 г, найменша у сорту Січеславна 0,90 г. Найбільшу врожайність мали сорти Зоряна, Золотоколоса та Аміна – 9,9 т/га, 9,8 т/га та 9,7 т/га відповідно.

Таким чином в конкретних умовах встановлені значні відмінності за показниками кількісних ознак.

Таблиця 3.

Показники структури урожайності сортів в екологічному сортовипробуванні,  
2020 р.

№ з/п	Назва сорту	Кількість зерен в колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га	Відхилення від стандарту, +/-
1	2	3	4	5	6	7
1	Подольянка	32	1.21	40.1	9.0	+0.2
2	Смуглянка	32	1.30	41.2	9.2	+0.4
3	Золотоколоса	30	1.27	42.9	9.8	+1.0
4	Мудрість од.	31	1.04	43.1	9.3	+0.5
5	Малинівка	35	1.11	41.0	9.2	+0.4
6	Годувальниця	34	1.01	41.2	9.2	+0.4
7	Городниця	31	1.10	40.7	8.9	+0.1
8	Новосмуглянка	28	1.03	40.5	8.4	-0.4
9	Богдана	27	1.05	41.0	8.4	-0.4
10	Юзовська	29	1.10	41.7	8.1	-0.7
11	Перемога	28	1.10	38.1	8.4	-0.4
12	Ігрита	27	1.10	39.1	8.5	-0.3
13	Диво донецьке	25	1.20	37.2	8.1	-0.7
14	Шестал	25	1.10	39.4	8.5	-0.3
15	Плеяда	27	1.10	39.7	8.5	-0.3
16	Київська 17	26	1.20	40.1	8.6	-0.2
17	Покровська	27	1.07	40.5	8,3	-0.5
18	Пейзаж	25	1.00	40.2	7.9	-0.9
19	Січеславна	26	0.90	40.1	5.9	-2.9
20	Аміна	29	1.40	41.1	9.7	+0.9
21	Соріал	27	1.30	40.2	9.2	+0.4
22	Зоряна	31	1.10	41.1	9.9	+1.0
23	Лаваль	29	1.05	36.2	8.9	+1.0
24	Богиня	26	1.10	41.8	9.1	+0.3
25	Олесіївка	30	1.00	41.9	9.2	+0.4
26	Співанка	31	1.06	40.3	9.3	+0.5
27	Корисна	30	1.10	39.8	9.1	+0.3
28	Комерційна	32	1.20	39.6	9.3	+0.5
29	Єдність	27	1.20	39.0	9.1	-0.3
	Середній st				8.5	
	НІР <sub>0,05</sub>				0.40	

Погодні умови передпосівного та післяпосівного періоду пшениці озимої в 2020 році відзначались дуже сильною посухою (табл. 4). У вересні 2020 року середня температура повітря становила 19,0 °С, сума опадів склала, 7,2 мм, вологість повітря була 46,4%. В жовтні середня температура повітря була 13,8 °С,

кількість опадів – 27,3 мм, а вологість повітря становила 67,1%.

Таблиця 4.

Метеоумови передпосівного та післяпосівного періоду пшениці озимої, 2020 р.

Місяць	Середня температура повітря, °С	Сума активних температур, °С	Сума опадів, мм	Вологість повітря	ГТК	Вологозабезпечення
Вересень	19,0	571,2	7,2	46,4	0,1	дуже сильна посуха
Жовтень	13,8	426,9	27,3	67,1	0,6	слабка посуха
Листопад	2,8	-	14,6	85,4	-	-
Весь вегетаційний період	16,8	998,1	34,5	57,0	0,3	дуже сильна посуха

В цілому за післяпосівний період пшениці озимої восени 2020 року середня температура повітря була в межах 16,8°С, кількість опадів за цей період склала 34,5 мм. Перехід середньодобової температури повітря через +5 °С відмічений 11 листопада, саме тому припинення вегетації рослин відмічене 12 листопада.

В грудні 2020 року середня температура повітря становила -2,3°С, температура ґрунту була -0,5°С, сума опадів становила 28,1 мм. В січні 2021 року середня температура повітря знижувалась до -1,7°С, сума опадів склала 44,9 мм. В лютому 2021 року випало 29,6 мм опадів, середньодобова температура склала -3,4°С.

Перехід середньодобової температури через +5 °С спостерігалось 28 березня, відновлення вегетації пшениці озимої – 31 березня.

Метеорологічні умови росту і розвитку рослин пшениці озимої представлені в таблиці 5. Після відновлення весняної вегетації рослин пшениці озимої в цілому склались сприятливі погодні умови для росту і розвитку рослин. Середня температура повітря в квітні склала 9,3°С, а в травні – 16,4°С. Сума опадів за цей період була 66,3 мм.

В червні та липні погодні умови характеризувались великою кількістю опадів, що негативно вплинуло на ріст та розвиток рослин. Загальна кількість опадів за цей період становила 272,8 мм. Середня температура повітря в червні

становила 20,2 °С, а в липні – 22,9 °С.

Таблиця 5.

Метеодані періоду росту і розвитку рослин пшениці озимої, 2021р.

Місяць	Середня температура повітря, °С	Сума активних температур, °С	Сума опадів, мм	Відносна вологість повітря, %	ГТК	Вологозабезпечення
Квітень (11-30 число)	9,3	186,5	32	70,5	1,72	надмірно зволожені умови
Травень	16,4	508,3	34,3	66,6	0,7	слабка посуха
Червень	20,2	604,8	168,9	75,9	2,8	надмірно зволожені умови
липень (1-10 число)	22,9	229,1	103,9	72,3	4,5	надмірно зволожені умови
Весь вегетаційний період	16,8	1528,7	339,1	71,2	2,2	надмірно зволожені умови

В екологічному сортовипробуванні 2021 року вивчалось 30 сортів пшениці м'якої озимої селекційних установ України (Селекційно-генетичний інститут національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН, Інститут фізіології рослин і генетики, Миронівський інститут пшениць, Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН), Агрофірми «Сади України», Дніпровського державного аграрно-економічного університету і французької селекції.

Показники вегетаційного періоду і структури урожайності сортів в екологічному сортовипробуванні 2021 року представлено в табл. 6 і 7.

Посів здійснено 24.09.2020 року, початок сходів відмічався 4.10.2020 р., повні сходи одержано 10.10. 2020 р. Кущіння сортів відмічене: початок 18.10 2020 р., повне кущіння 20.10.2020 р. За загальною оцінкою після перезимівлі відмінну оцінку мали сорти: Ігрита, Золотоколоса, Мудрість одеська, Юзовська, Новосмуглянка, Богдана, Пейзаж, Аміна, Соріал, Зорянка, Богиня, Корисна, Співанка, Комерційна. Інші сорти мали оцінку добре.

Кущіння та розвиток рослин сорти проходили дружно, відростання

вторинної кореневої системи було добрим. За датою колосіння: початок відмічене 18.05.2021 р. по 28.05.2021 р. Ранній строк колосіння 18.05.2021 р. був у сортів Корисна, Шестал, пізній строк (з 28.05.21 р. по 30.05.21 р.) у сорту Зорянка.

Таблиця 6.

Показники вегетаційного періоду сортів в екологічному сортовипробуванні,  
2021 р.

№ з/п	Назва сорту	Посів 2020 р.	Дати							
			Сходи		Кущіння		Загал. бал перезимівлі	Колосіння		Стиглість
			початок	повні	початок	повне		початок	повне	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Подолянка	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4+	24.05	25.05	01.06
2	Смуглянка	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	22.05	24.05	30.06
3	Золотоколоса	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	21.05	24.05	30.06
4	Мудрість од.	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5-	22.05	23.05	28.06
5	Магнітка	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	20.05	21.05	30.06
6	Годувальниця	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	23.05	25.05	29.06
7	Шестизерна	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	21.05	23.05	28.06
8	Новосмуглянка	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5-	22.05	24.05	30.06
9	Богдана	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5-	24.05	25.05	30.06
10	Юзовська	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5-	24.05	26.05	30.06
11	Перемога	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4-	23.05	25.05	30.06
12	Ігрита	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	23.05	24.05	29.06
13	Диво донецьке	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	21.05	25.05	01.07
14	Шестал	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	19.05	20.05	29.06
15	Плеяда	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	24.05	26.05	27.06
16	Київська 17	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4+	22.05	24.05	28.07
17	Покровська	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	22.02	24.05	27.06
18	Пейзаж	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	23.05	25.05	10.07
19	Січеславна	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	24.05	26.05	03.07
20	Аміна	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	22.05	24.05	03.07
21	Соріал	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	24.05	28.05	30.06
22	Зоряна	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	28.05	30.05	25.06
23	Лаваль	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4+	21.05	23.05	30.06
24	Богиня	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	24.05	26.05	29.06
25	Корисна	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	18.05	20.05	30.06
26	Співанка	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	21.05	25.05	01.06
27	Комерційна	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	5	20.05	22.05	30.06
28	Єдність	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4-	23.05	25.05	30.06
29	КСВ-44	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	24.05	25.05	28.06
30	Малинівка	24.09	04.10	10.10	18.10	20.10	4	23.05	26.05	30.06

За кількістю зерен в колосі виділилися наступні сорти: Шестал, Малинівка 31 шт., КСВ 44, Пейзаж, Диво донецьке – 30 шт., Покровська, Співанка, Єдність, Січеславна, Новомуглянка – 29 шт., Подолянка – 25.

За масою зерен з колосу виділилися сорти Богдана, Київська 17 і Січеславна – 1,4 г, найменша маса зерен з колосу була у сортів Аміна і Золотоколоса (1 г). Найбільшу маси 1000 зерен (понад 40 грамів) сформували наступні сорти: Корисна, Січеславна, Покровська, Смоглянка, Співанка, Київська 17, Шестал, Богиня, Лаваль та Комерційна.

Таблиця 7.

Показники структури урожайності сортів в екологічному сортовипробуванні,  
2021 р.

№ з/п	Назва сорту	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га	Відхилення від стандарту, +/-
1	2	4	5	6	7
1	Подольанка	1.12	40.0	6.3	-0.1
2	Смоглянка	1.10	40.1	6.6	0,2
3	Золотоколоса	1.00	37.8	5.8	-0.6
4	Мудрість од.	1.05	36.6	5.5	-0.9
5	Магнітка	1.10	37.1	6.5	0.1
6	Годувальниця	1.02	35.6	5.6	-0.9
7	Шестизерна	1.06	39.9	5.5	-0.9
8	Новосмоглянка	1.20	39.4	7.0	+0.6
9	Богдана	1.40	38.6	5.6	-0.8
10	Юзовська	1.30	39.1	5.6	-0.8
11	Перемога	1.10	37.1	6.6	0.2
12	Ігрита	1.30	38,1	6.0	-0.4
13	Диво донецьке	1.20	37.0	6.0	-0.4
14	Шестал	1.10	41.0	6.8	+0.4
15	Плеяда	1.20	39.4	6.6.	+0.2
16	Київська 17	1.40	40.5	7.3	+0.9
17	Покровська	1.20	41.2	7.1	+0.7
18	Пейзаж	1.30	40.0	7.1	+0.7
19	Січеславна	1.40	41.5	7.6	+1.2
20	Аміна	1.00	39,6	6.2	-0.2
21	Соріал	1.10	38.9	6.3	-0.1
22	Зоряна	1.10	39.1	6.4	0.0
23	Лаваль	1.20	40.2	6.6	+0.2
24	Богиня	1.10	40.3	6.2	-0.2
25	Корисна	1.00	41.5	6.0	-0.4
26	Співанка	1.30	40.8	6.9	+0.5
27	Комерційна	1.20	40.1	6.3	-0.1
28	Єдність	1.20	39.0	6.4	0.0
29	КСВ-44	1.20	40.0	6.3	-0.1
30	Малинівка	1.20	39.8	6.1	-0.3
	Середній st			6.4	
	НР <sub>0,05</sub>			0.78	

Найбільша урожайність була у сортів у Січеславна, Київська 17, Покровська, Пейзаж та Новосмуглянка: 7,6 т/га, 7,3 т/га, 7,1 т/га, 7,1 т/га та 7,0 т/га відповідно.

Таким чином в конкретних умовах встановлені значні відмінності за показниками кількісних ознак.

Метеорологічні умови літнього збирального та передпосівного періоду 2021 року характеризувалися такими ознаками: в липні середньомісячна температура повітря становила 24,1 °С, що на 2,9 °С перевищує середньобагаторічний показник, сума активних температур (САТ) – 748,5 °С, сума опадів – 43,7 мм, що на 4,3 мм менше за середньобагаторічні дані, гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 0,6, відносна вологість повітря – 66,0 %. В серпні середньомісячна температура повітря – 23,6 °С, що на 2,9 °С перевищує середньобагаторічні дані, сума активних температур – 731,8 °С, сума опадів – 45,4 мм, що на 1,6 мм менше за середньобагаторічний показник, ГТК – 0,6, відносна вологість повітря – 64,9 %.

Осінні умови посівного періоду були прохолодними і посушливими. У вересні середньомісячна температура повітря – 13,7 °С, що на 0,8 °С менше за середньобагаторічний показник, сума активних температур – 410,3 °С, сума опадів – 26,4 мм, що на 6,6 мм менше за середньобагаторічний показник, ГТК – 0,6, відносна вологість повітря – 68,0 %. В жовтні середньомісячна температура повітря – 7,9 °С, сума опадів – 3,8 мм, що на 37,2 мм менше за середньобагаторічний показник, відносна вологість повітря – 65,0 %.

Зимовий період звітного сільськогосподарського року характеризувався м'якими умовами для перезимівлі озимих культур.

В листопаді середньомісячна температура повітря – 4,0 °С, що на 2,2 °С більше за багаторічний показник, сума опадів – 44,3 мм, що на 0,3 мм більше середньобагаторічного показника, відносна вологість повітря – 79,3 %. Припинення вегетації рослин озимих культур відмічене 10 листопада. Максимальне промерзання ґрунту спостерігалось в другій декаді на рівні 14 см. Мінімальна температура на рівні вузла кушення пшениці озимої в листопаді

становила  $-2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В грудні середньомісячна температура повітря становила  $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що на  $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  більше за багаторічний показник, сума опадів –  $61,6\text{ мм}$ , що на  $2,6\text{ мм}$  більше за середньобагаторічний показник, відносна вологість повітря –  $90,4\%$ . Утворення сталого снігового покриву відмічене 5 грудня протягом 2 діб. Загалом за весь місяць сталий сніговий покрив спостерігався протягом 15 діб. Максимальне промерзання ґрунту зафіксоване в третій декаді на рівні  $9\text{ см}$ . Мінімальна температура на рівні вузла кушення пшениці озимої в становила  $-4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В січні середньомісячна температура повітря становила  $-2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що на  $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  більше за багаторічний показник, сума опадів –  $34,4\text{ мм}$ , що на  $13,6\text{ мм}$  менше за середньобагаторічний показник, відносна вологість повітря –  $87,0\%$ . Сталий сніговий покрив спостерігався протягом 19 діб. Максимальне промерзання ґрунту відмічене в третій декаді на рівні  $25\text{ см}$ . Мінімальна температура на рівні вузла кушення пшениці озимої в становила  $-4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В лютому середньомісячна температура повітря становила  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що на  $6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  більше за багаторічний показник, сума опадів –  $47,9\text{ мм}$ , що на  $7,9\text{ мм}$  більше за середньобагаторічний показник, відносна вологість повітря –  $84,0\%$ . Сталий сніговий покрив спостерігався протягом 11 діб. Максимальне промерзання ґрунту відмічене в першій декаді на рівні  $24\text{ см}$ . Мінімальна температура на рівні вузла кушення пшениці озимої в становила  $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Затяжна прохолодна весна негативно вплинула на розвиток посівів озимих культур. В березні середньомісячна температура повітря становила  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що на  $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  більше за багаторічний показник, сума опадів –  $21,7\text{ мм}$ , що на  $11,3\text{ мм}$  менше за середньобагаторічний показник, відносна вологість повітря –  $67,8\%$ . Максимальне промерзання ґрунту зафіксоване в другій декаді на рівні  $22\text{ см}$ . Мінімальна температура на рівні вузла кушення пшениці озимої в становила  $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Відновлення вегетації відмічене 24 березня.

В квітні середньомісячна температура повітря становила  $8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що на  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  менше за середньобагаторічний показник. Лише протягом 12 діб



відмічалася активна середньодобова температура повітря, сума якої становить лише 162,5 °С. Сума опадів – 65,2 мм, що на 24,2 мм більше за середньобагаторічний показник, відносна вологість повітря – 90,6 %.

Перша половина теплого періоду вегетації зернових культур характеризувалася оптимальними умовами для їх росту і розвитку. В травні середньомісячна температура повітря становила 14,9 °С, що на 0,4 °С менше за середньобагаторічний показник, сума активних температур – 464,6 °С, сума опадів – 66,7 мм, що на 9,7 мм більше за середньобагаторічні дані, гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 1,4, відносна вологість повітря – 71,7 %.

В червні середньомісячна температура повітря становила 21,8 °С, що на 2,4 °С більше за середньобагаторічний показник, сума активних температур – 654,2 °С, сума опадів – 10,5 мм, що на 40,5 мм менше за середньобагаторічні дані, ГТК – 0,2, відносна вологість повітря – 62,1%.

В екологічному сортовипробуванні 2022 року було висіяно 25 сортів пшениці м'якої озимої ведучих селекційних установ з кращих номерів результату екологічного сортовипробування 2021 року.

Посів проведено 16.09.2021 року, початок сходів спостерігався 25.09.2021 р. повні сходи 26.09. 2021 р. Кущіння сортів відмічене: початок 8.10.2021 р., повне кущіння 11.10.2021 р. Всі сорти екологічного сортовипробування добре перезимували з оцінкою 4 бали, лише сорт Богдана мав оцінку 5 балів.

Фаза кущіння проходила дружно в короткий проміжок часу. Загальна оцінка також була високою, найкращу оцінку одержав сорт селекції Донецької державної сільськогосподарської станції Богиня.

За датою колосіння відмічене наступне: початок 17.05.2022 р., закінчення - 28.05.2022 р. Ранній строк колосіння був у сортів Корисна, Шестал, Аміна і Лаваль, Шестизерна, Новосмуглянка (з 17.05.2022 р. по 23.05.2022 р.), пізній строк з 28.05.20 р. по 30.05.20 р. у сорту Зорянка.

Показники вегетаційного періоду і структури урожайності сортів в екологічному сортовипробуванні 2022 року представлено в табл. 8 і 9.

Таблиця 8.

Показники вегетаційного періоду сортів в екологічному сортовипробуванні,  
2022 р.

№ з/п	Назва сорту	Посів 2021 р.	Дати							
			Сходи		Кущіння		Загал. бал перезимівлі	Колосіння		Стиглість
			початок	повні	початок	повні		початок	повне	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Подільська	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	25.05	27.05	05.07
2	Смуґлянка	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	21.05	22.05	05.07
3	Вежа	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4+	22.05	23.05	05.07
4	Маґнітка	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	20.05	21.05	04.07
5	Шестизерна	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	21.05	23.05	05.07
6	Новосмуґлянка	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	21.05	23.05	04.07
7	Богдана	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	24.05	26.05	04.07
8	Юзовська	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4+	24.05	26.05	05.07
9	Перемога	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	23.05	26.05	05.07
10	Ігрита	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	22.04	24.05	05.07
11	Диво донецьке	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	22.05	23.05	05.07
12	Шестал	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4-	19.05	20.05	04.07
13	Плеяда	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	24.05	27.05	05.07
14	Київська 17	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	23.05	25.05	05.07
15	Пейзаж	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	20.05	22.05	02.07
16	Січеславна	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	25.05	27.05	05.07
17	Аміна	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	21.05	22.05	02.07
18	Соріал	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	23.05	25.05	06.07
19	Зорянка	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	28.05	30.05	06.07
20	Лаваль	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4+	21.05	23.05	06.07
21	Богиня	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	5	23.05	24.05	05.07
22	Корисна	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4+	17.05	18.05	07.07
23	Співанка	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	20.04	24.05	05.07
24	Комерційна	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4+	20.05	21.05	04.07
25	Єдність	16.09	25.09	26.09	08.10	11.10	4	22.05	24.05	05.07

За кількістю зерен в колосі виділено наступні сорти: Комерційна, Новосмуґлянка – 29 шт., Шестизерна, Співанка, Єдність – 28 шт., Корисна, Маґнітка, Смуґлянка, Юзовська – 27 шт., інші сорти сформували в колосі від 26 шт. до 21 шт. у сорту Соріал.

За масою зерен з колосу виділились сорти Новосмуґлянка, Шестизерна, Соріал, Маґнітка і Зорянка – 1,5 г – 1,3 г, найменший показник був у сортів Плеяда, Київська 17, Юзовська і Богдана.

Найбільшу масу 1000 зерен сформували сорти: Подільська, Шестал,

Співанка, Корисна, Київська 17, Смуглянка, Богиня, Лаваль, Пейзаж, Січеславна,  
Комерційна – 40 і більше грамів.

Таблиця 9.

Показники структури урожайності сортів в екологічному сортовипробуванні,  
2022 р.

№ з/п	Назва сорту	Кількість зерен в колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га	Відхилення від стандарту, +/-
1	2	3	4	5	6	7
1	Подольанка	26	1.1	40.0	6.6	+0,1
2	Смуглянка	27	1.2	40.1	7.0	+0,5
3	Вежа	28	1.1	38.9	7.3	+0,8
4	Магнітка	27	1.3	37.1	7.3	+0,8
5	Шестизерна	28	1.4	39.9	7.3	+0,8
6	Новосмуглянка	29	1.5	39.4	7.7	+1,2
7	Богдана	25	0.9	38.6	5.5	-1,0
8	Юзовська	27	1.0	39.1	7.0	+0,5
9	Перемога	24	1.05	39.6	6.3	-0,2
10	Ігрита	25	1.2	38,9	6.4	-0,1
11	Диво донецьке	26	1.05	38.0	6.7	+0,2
12	Шестал	24	1.03	41.0	6.3	-0,2
13	Плеяда	23	1.0	39.4	5.9	-0,6
14	Київська 17	25	1.0	40.5	6.9	+0,4
15	Пейзаж	22	1.2	40.0	6.5	0,0
16	Січеславна	22	1.1	41.5	6.8	+0,3
17	Аміна	23	1.2	39,6	6.3	-0,2
18	Соріал	21	1.3	38.9	5.9	-0,6
19	Зорянка	22	1.4	39.1	6.0	-0,5
20	Лаваль	20	1.2	40.2	4.8	-1,7
21	Богиня	26	1.3	40.3	6.9	+0,4
22	Корисна	27	1.2	41.5	6.5	0,0
23	Співанка	28	1.1	40.8	6.9	+0,4
24	Комерційна	29	1.1	40.1	6.6	+0,1
25	Єдність	28	1.1	39.0	6.4	-0,1
	Середній st				6.5	
	HP 0,05				0.81	

За урожайністю в умовах 2022 року кращими були сорти: Вежа, Магнітка, Шестизерна, Новосмуглянка – 7,3 т/га, 7,3 т/га, 7,3 т/га і 7,7 т/га відповідно.

Для визначення генетичного потенціалу, реакцію на зміну погодних умов сучасних сортів Інституту фізіології і генетики рослин, Донецької державної сільськогосподарської станції, Дніпропетровського державного аграрно-

економічного університету та Селекційно-генетичного інституту було визначено екологічну пластичність і селекційну цінність за урожайністю (табл. 10, табл. 11). Дослідження проведено в сівозміні кафедри селекції і насінництва ДДАЕУ впродовж 2020-2022 рр. Екологічну пластичність визначено за методикою ІР ім. В.Я. Юрієва НААНУ [5].

Таблиця 10

Урожайність кращих сортів пшениці м'якої озимої екологічного  
сортовипробування за 2020–2022 рр.

№ пп.	Сорт	Оригіатор	Урожайність т/га			
			2020 р.	2021 р.	2022 р.	середня
1	Подольнка	ІФРГ НААНУ	9,00	6,26	6,60	7,30
2	Смуглянка	ІФРГ НААНУ	9,20	6,60	7,00	7,60
3	Новосмуглянка	ІФРГ НААНУ	8,40	7,00	7,70	7,70
4	Годувальниця	ІФРГ НААНУ	9,20	5,50	7,70	7,35
5	Богдана	ІФРГ НААНУ	8,30	6,20	5,50	6,46
6	Юзовська	ДДСДС	8,00	5,60	7,00	6,87
7	Перемога	ДДСДС	8,40	6,60	6,30	7,10
8	Ігрита	ДДСДС	8,50	6,00	6,40	6,97
9	Диво донецьке	ДДСДС	8,10	6,00	6,70	6,93
10	Богиня	ДДСДС	9,00	6,2	6,90	7,37
11	Співанка	ДДАЕУ	9,20	6,90	6,90	7,66
12	Комерційна	ДДАЕУ	9,00	6,30	6,60	7,30
13	Корисна	ДДАЕУ	9,30	6,00	6,50	7,66
14	Єдність	СГІ-НЦНС	9,10	6,40	6,40	7,30
15	Пейзаж	СГІ-НЦНС	7,80	7,10	6,50	7,22
	НІР <sub>0,05</sub>		0,51	0,78	0,81	
	Середнє, х		8,80	6,40	6,50	7,22
	Індекс умов		1,5	-0,8	-0,7	

Норму реакції сортів на зміну умов навколишнього середовища та їх цінність визначали за рангом генотипового фону, рангом ступеня пластичності та за їх сумою [6, 7].

Екологічна пластичність сортів різного походження за урожайністю (2020–2022 рр.)

№ пп.	Сорт	Оригігатор	Урожайність, т/га	Генотиповий ефект		Ступінь пластичності		Сума рангів
				$E_i$	ранг	$R_i$	ранг	
1	Подолянка	ІФРГ НААНУ	7,30	7,12	1	1,11	2	3
2	Смуглянка	ІФРГ НААНУ	7,60	6,77	1	0,48	1	2
3	Новосмуглянка	ІФРГ НААНУ	7,70	6,89	1	0,51	1	2
4	Годувальниця	ІФРГ НААНУ	7,35	6,59	1	1,10	2	3
5	Богдана	ІФРГ НААНУ	6,46	5,32	1	1,13	2	3
6	Юзовська	ДДСДС	6,87	5,43	1	1,15	1	2
7	Перемога	ДДСДС	7,10	6,14	1	0,98	2	3
8	Ігрита	ДДСДС	6,97	6,01	1	1,17	1	2
9	Диво донецьке	ДДСДС	6,93	6,96	1	1,21	1	2
10	Богиня	ДДСДС	7,37	6,91	1	1,14	2	3
11	Співанка	ДДАЕУ	7,66	7,89	1	0,89	1	2
12	Комерційна	ДДАЕУ	7,30	6,98	1	0,77	1	2
13	Корисна	ДДАЕУ	7,66	7,84	1	0,86	1	2
14	Єдність	СПІ-НЦНС	7,30	7,14	1	0,74	1	2
15	Пейзаж	СПІ-НЦНС	7,22	6,12	1	1,12	2	3
	Середній <i>st</i>		7,22		1		1	2
	HP <sub>0,05</sub>			2,25		0,23		

В дослідженнях з'ясовано рівень стабільності, пластичності і селекційної цінності сортів в різних умовах вегетаційних періодів. Представлені сорти мають суму рангів два, а сорти Подолянка, Годувальниця, Богдана, Перемога, Богиня – ранг три, що свідчить про їх високу пластичність, обумовлену стабільністю реалізації генетичного потенціалу і їх більшу пристосованість до умов вирощування в північній підзоні Степу України.

Дослідження сортів пшениці озимої м'якої різних селекційних установ в мінливих умовах середовища виявили можливість їх генетичного потенціалу урожайності та екологічної пластичності за роками, що обумовлено проявом високої стабільності генетичного ефекту ознаки.

Підтверджено селекційну цінність сортів в оптимізації процесу селекції на адаптивність сучасних сортів та їх використання як вихідного матеріалу та впровадження в виробництво.

## SECTION 2. ARCHITECTURE, CONSTRUCTION

DOI: 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3.2.1

### **2.1 Improving the performance of non-autoclaved foam concrete for use in road construction**

The process of producing non-autoclaved cellular concrete has come a long way in the course of experimental research, which has helped to achieve the desired parameters of the material's physical and mechanical characteristics. Modern foam concrete can be used both for the manufacture of concrete structures directly at the construction site and for the production of prefabricated elements at landfills and moulding shops, and reinforced concrete product plants [8-13].

The physical and mechanical properties of cellular concrete have clear interrelationships [14-15]. For example, the thermal conductivity coefficient in the dry state depends mainly on the value of the average density, the type of binder, curing conditions, and other factors. The porosity of a material with a cellular structure consists of microporosity and macroporosity. The nature of the porosity of cellular concrete is determined by the spatial arrangement of pores, the distribution of pores by size, the maximum and average pore size, their shape, and the thickness of the interporous partitions [16-17]. Unlike autoclaved foam concrete, non-autoclaved foam concrete has a closed-porous structure, so it is characterised by lower water absorption [18-19].

The quality of foam concrete largely depends not only on the type and consumption of the starting materials, but also on the method of mixing them. To accelerate the hardening of foam concrete, electric heating, fast-setting cements or chemical accelerators can be used [20-21].

It has been established that among the various factors influencing the properties of foamed concrete, the chemical nature of the foaming agents plays a pivotal role [22]. The extensive range of synthetic foaming agents permits their application in foamed concrete technology alongside traditional agents such as resin and others. They are characterized by relatively low cost, storage capability at temperatures ranging from -

5°C to +40°C, and other favorable attributes. Classification based on chemical composition, surface tension, and hydrogen ion concentration has facilitated the scientific substantiation of the relationship between SAS and their stability in foam-mineral systems, contingent upon the chemical composition of the components [23-24].

In order to improve the technology of non-autoclaved building materials, a type of foam concrete "non-autoclaved cellular concrete" was developed, which was obtained by introducing modifying additives into the mixture, allowing to obtain a material structure with evenly distributed air pores by one-stage mixing. This results in a reduction in process moisture content not exceeding 10% and a 1.5-2.0-fold reduction in shrinkage deformations [25-26].

The structure of the inter-pore partitions has a significant impact on frost resistance. The strength of foam concrete of the design class is determined by the strength of the inter-pore walls. The ratio of voids to interstitial walls determines the average density and strength of the finished material. The greater the number of voids and the thinner the pore walls, the lower the density and, consequently, the strength of the material. However, the size, shape, and uniformity of the voids also have a significant impact on the strength of the finished material [27-28].

In the production of non-autoclaved foam concrete in turbulent plants, as well as in plants for the separate preparation of components equipped with a foam generator, three types of pores are observed. The first type is represented by spherical voids of regular shape with dimensions from 0.1 to 2 mm, the so-called "useful voids", which should be the majority. It is these pores that determine the average density, thermal conductivity and strength of the finished material.

The second type includes chaotically located capillary pores of different diameters and lengths, the so-called "harmful voids of the first kind", which significantly increase the water permeability of cement stone, reduce its frost resistance and the strength of the bearing inter-pore partitions. In addition, a significant number of capillary pores move water to neighbouring blocks located above due to the capillary effect.

The third type includes very small pores, the so-called "harmful voids of the second kind", which are characterized mainly by an irregular shape and are located in the inter-pore walls of the main "useful" voids. They do not play a significant role in reducing the thermal conductivity of the material and reducing its density, but significantly reduce the strength of the material.

Thus, the strength of foam concrete is primarily determined by the strength of the inter-pore partitions. There are several ways to increase the concrete's grade strength. An increase in the proportion of cement results in foam concrete with increased strength. However, this increases its cost, which is economically unprofitable [29-30].

Increased strength is also achieved by reducing the water-cement ratio (W/C). At a W/C of 0.5-0.6, the strength of the finished foam concrete decreases sharply. The dependence of the physical and mechanical properties of the material on the W/C is explained by a significant increase in the volume of capillary pores ("harmful pores of the first type"). Capillary pores significantly weaken the interstitial walls of foam concrete. The higher the water content in the foam concrete solution, the greater the number of capillary pores formed, and the lower the strength and frost resistance of the resulting foam concrete.

Another effective way to increase the strength of the finished foam concrete is to use coarse sand with a reduced modulus. To create a strong inter-pore frame, it is necessary to use sand and its sieving (or other aggregate), the main size of which does not exceed 0.35-0.8 mm. Otherwise, the inert aggregate in the material of the inter-pore walls will turn into an inclusion surrounded by pores, playing no role in increasing the strength of the finished foam concrete material.

The development of technological methods for improving the properties of cellular concrete mixtures based on an in-depth study of the strength properties of qualitative and quantitative parameters of traditional raw materials was covered by the authors in [31, 32]. The results of studies conducted in this area show that optimizing the following factors, such as the chemical and mineralogical composition of



aggregates and binders, their dispersion, temperature of the concrete mixture and the environment, create opportunities to increase the compressive strength to 30%.

Research in Ukraine and abroad has shown that non-autoclaved cellular concrete with a density of 400-800 kg/m<sup>3</sup> is characterized by slightly lower compressive strength than autoclaved concrete. Modified non-autoclaved foam concrete, consisting of 5-7% microsilica, is characterized by a strength class equal to that of autoclaved cellular foam concrete. However, its cost due to the high cost of ultrafine microsilica makes it impossible to widely use such foam concrete [33-34].

Thus, the authors of [35-36] proposed to increase the resistance of cellular concrete in humid and slightly aggressive environments by volumetric hydrophobization using bitumen and synthetic resins. At the same time, the effect of additives does not affect the strength properties of cellular concrete, but leads to a significant reduction in shrinkage deformations, thermal conductivity and increased frost resistance, i.e., improved material performance. Chemical additives make it possible to produce non-autoclaved quick-setting fly ash concrete of reduced density.

However, all of the above areas do not solve the main problem of qualitatively improving the properties of cellular concrete: increasing the crack resistance and dramatically increasing the tensile strength, which are the main qualities that make it possible to use this material in road structures.

According to [37-38], a significant increase in tensile strength can be obtained by dispersed reinforcement of cellular concrete with various types of fibers. Dispersed reinforcement of foam concrete allows [39-40] to improve the viscosity and ease of laying mixtures; control the rate of plastic strength gain; improve the capillary-porous structure; reduce their density and thermal conductivity.

A number of experimental and theoretical studies have been devoted to establishing the feasibility of using synthetic fibers as dispersed reinforcement for concrete. In works [41-42], it was found that with dispersed reinforcement of cellular concrete with glass fiber that is resistant to alkaline environments, the compressive strength increases by 30-60%, the tensile strength in flexion increases by two times, and the impact strength increases by 1.5-2 times. Dispersed reinforcement of cellular

concrete with asbestos fibers [43] in the amount of 3-5 % by weight increases the tensile strength by 30-50 %, the compressive strength by 20-40 %.

In research related to the strengthening of materials based on mineral binders, two main areas can be distinguished. First, to solve this problem, it is proposed to use special additives that organize the cement stone hardening processes and improve its physical and mechanical properties. According to [44], the use of fibrous crystals of calcium hydrosilicate provides a 2-4-fold increase in flexural strength in concrete. The directed crystallization of neoplasms leads to dispersed self-reinforcement of cement stone due to the formation of oriented crystal hydrates in its volume, which can significantly improve the quality of concrete.

The second direction recommends the use of reinforcing fibers that differ in composition from the matrix material and can perceive higher stresses in the foam concrete body compared to the matrix during the operation of the material [45-46].

The methods of using dispersed reinforcement in cellular concrete provide for the possibility of obtaining a directed and chaotic orientation of fibers in the volume of foam concrete. Dispersed reinforcement can be created by one of the types of fibers - chrysotile asbestos, cellulose, glass, steel, polyethylene, polypropylene, polyamide, or a mixture of different fibers (of different lengths or nature of material).

Studies have established [47-48] that the effectiveness of dispersed concrete reinforcement depends primarily on the ratio of the strength and deformation characteristics of the reinforcing fibers (fiber) and the concrete matrix. If the elastic modulus of the fiber is significantly (3-10 times) higher than the elastic modulus of concrete, then an increase in mechanical strength, crack resistance, and other performance properties of dispersed-reinforced concrete should be expected. If the elastic modulus of the fiber is close to the elastic modulus of concrete or slightly lower, then there will be an increase in the tensile strength of the material while reducing the structural qualities.

Another factor affecting the efficiency of fiber use in concrete materials is the ultimate tensile strength. In [49-50], it is recommended to use fiber, the maximum deformability of which is greater than the maximum deformability of concrete, for

dispersed concrete reinforcement. At the same time, with a sufficient amount of volumetric reinforcement with dispersed reinforcement, concrete cracking under the action of maximum loads will show that the moment of failure is approaching. Structures made of such materials become operationally safe, since even with a complete loss of the bearing capacity of the matrix, the fracture does not occur instantaneously, as is the case with brittle materials, but slowly, viscously [51-52].

According to the authors of [53], the propagation rate and size of cracks in concrete are determined by its structural characteristics, which are formed by the properties and structure of the source materials, as well as by technological methods that ensure their interaction and continuity. In concrete, along with a strong brittle base, there must be elastic-viscous inclusions that can dampen the crack growth energy, which leads to material failure. Synthetic dispersed reinforcement is an elastic-viscous component with a margin of plasticity that delays the moment of material fracture [54], and also positively affects the features of structure formation in the process of manufacturing dispersed reinforced foam mixtures using a one-stage technology and their structure formation during the curing period [55-56].

Assessment of the effect of dispersed reinforcement with synthetic fibers on the deformational properties of concrete in [57-58] found that the introduction of polyamide fibers randomly placed in concrete forms a structure whose bending behavior becomes formally similar to that of reinforced concrete. When loading concrete specimens dispersed-reinforced with polyamide fibers, unlike traditional foam concrete, which collapse brittle, three main characteristic stages of change in the stress-strain state were observed.

The first stage is the elastic behavior of the material until cracks form in the stretched zone of the concrete, when the tension is less than the tensile strength of the concrete matrix and the tensile forces are perceived by the dispersed reinforcement and the matrix together. The second stage includes the work of gradual crack accumulation in the stretched zone of fiber foam concrete. The consolidation of primary cracks into a main crack begins at a load 1.6-2.0 times greater than the load for the first crack. The third stage is characterized by intensive opening of the main crack due to the stresses

in the dispersed reinforcement reaching its yield strength, and ends with the loss of the bearing capacity of the specimen, but does not lead to fragmentation of the compressed zone of the specimens and their separation into separate parts. The value of the destructive load is 2.5-3.0 times higher than the load corresponding to the first crack.

With dispersed fiber reinforcement of concrete, their maximum tensile strength increases by 9-15% [59], and the increase in flexural strength, depending on technological and formulation features, can reach 550%.

The introduction of dispersed reinforcement contributes to the formation of optimal porosity in concrete, increases the strength and stability of the cellular concrete structure during the initial period of hardening. A significant part of the tensile stresses that occur during the curing process is also absorbed by synthetic reinforcement. In addition, dispersed reinforcement blocks the initial cracks in the deformed material [60], reducing the likelihood of their development into a destructive effect and shifting the realization of this possibility to the region of higher deformations.

Since both the strength and deformation qualities of cellular concrete (*ceteris paribus*) are determined by the value of their average density, it becomes necessary to determine the rational areas of reinforcement of structural foam concrete. A number of experimental studies have been devoted to determining the optimal degree of saturation of cellular foam concrete with dispersed reinforcement [61-62]. However, these works are mainly devoted to heat-insulating cellular concrete.

The authors in their research [63] found that the use of synthetic fibers is most appropriate in cellular concrete with a density of at least 900 kg/m<sup>3</sup>. In this case, qualitative changes in the pore structure of the matrix and a significant increase in frost resistance are observed.

The effectiveness of dispersed polyamide fiber reinforcement in compression of concrete with an average density of 500 to 800 kg/m<sup>3</sup> tends to increase, since the concrete matrix has low strength characteristics. As the strength characteristics of the concrete matrix increase and the strength characteristics of the concrete matrix increase and the grafting strength between the components increases, the effectiveness of dispersed reinforcement also increases.

Despite the fact that the use of fibers in structural foam concrete with an average density of 900 to 1200 kg/m<sup>3</sup> does not significantly increase the strength characteristics of the material, the efficiency of dispersed tensile reinforcement, as established in [64], reaches 2.5-3.5 times.

Taking into account the numerous advantages of non-autoclaved foam concrete, as well as the prospects for its use for building elements designed to withstand bending loads, large-scale construction using this material is currently not observed. The limited use of non-autoclaved foam concrete is due to the lack of a complete set of regulatory and technical documentation and the lack of research that would ensure the design and construction of buildings and structures, including roads, that meet modern requirements.

## **2.2 BIM technology in Ukraine and its SWOT analysis**

This paper undertakes an in-depth SWOT analysis aimed at assessing the strategic implementation of Building Information Modeling (BIM) technology in Ukraine's construction industry. The objective of this analysis is to systematically evaluate the internal and external factors influencing the adoption of BIM, providing a clear framework for understanding its potential impact and areas for improvement.

To achieve this, the authors have developed a comprehensive SWOT matrix that identifies and examines the strengths, weaknesses, opportunities, and threats associated with BIM technology in the Ukrainian construction context. The strengths highlight the inherent advantages and positive attributes of BIM, such as enhanced collaboration, improved project visualization, and increased efficiency. Conversely, the weaknesses focus on the internal challenges and limitations, including high initial costs, a steep learning curve, and resistance to change within the industry [65].

The opportunities section explores the external possibilities that could be leveraged to enhance BIM adoption, such as government incentives, advancements in technology, and growing market demand for sustainable construction practices. The threats address the external risks that could hinder BIM implementation, like market competition, regulatory barriers, and technological obsolescence.

The analysis is grounded in a robust methodology that includes an extensive review of existing literature, the authors' professional experiences, and up-to-date market reports. This triangulated approach ensures a thorough and balanced assessment of all factors within the SWOT matrix.

Furthermore, the paper calculates fundamental indicators that characterize the strategic position of BIM within the Ukraine construction market. These indicators provide quantitative insights that complement the qualitative analysis, offering a more nuanced understanding of BIM's current status and future potential.

Based on these findings, the authors have defined a matrix of strategic tasks and actions. This strategic framework outlines practical recommendations aimed at

promoting and developing BIM technology in Ukraine. These actions include training and education initiatives, policy advocacy for supportive regulations, investment in technological infrastructure, and fostering industry-wide collaboration [66].

Overall, this paper not only highlights the current landscape of BIM implementation in Ukraine but also serves as a strategic guide for stakeholders looking to enhance the adoption and integration of BIM in the construction industry. By addressing both the opportunities and challenges, the proposed strategies aim to drive the growth and innovation of the construction sector through the effective use of BIM technology (fig.1).

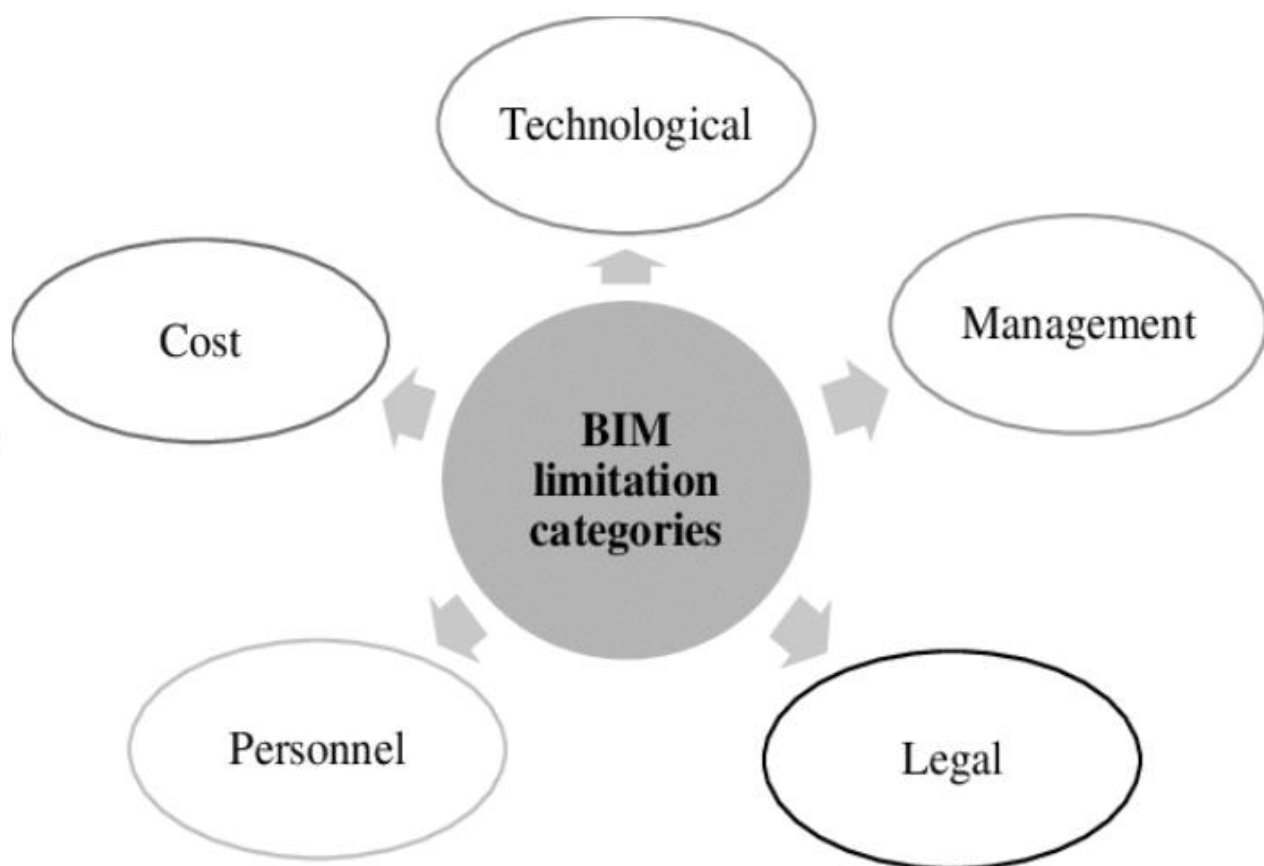


Figure 1. BIM limitation categories.

Currently, Building Information Modeling (BIM) is recognized globally and in Ukraine as the fastest-evolving concept in construction management. In numerous countries, BIM is progressively becoming the standard for construction projects. However, in Ukraine, BIM technology is still under discussion and considered an alternative to traditional methods of planning and executing construction projects. Significant concerns persist regarding the mandatory implementation of BIM

technology in public works contracts. The construction market reveals considerable misunderstanding about BIM, a lack of experience among most participants in the construction process, and notable caution regarding its adoption [67].

Despite these challenges, global literature highlights the substantial advantages of BIM. Techniques for acquiring 3D building information involve using digital building information models and simplifying them both geometrically and semantically. BIM models are object-oriented, semantically rich, and continuously updated, enabling detailed queries of building components from various perspectives. The essence of BIM is not just in obtaining information but in simplifying, systematizing, and effectively utilizing the information contained within the model. Unlike traditional CAD models, BIM models encompass both geometric and semantic data, evolving throughout all stages of a building's life cycle.

This distinction marks a significant advancement, as BIM allows for more comprehensive and dynamic project management. The integration of semantic information means that BIM can support more informed decision-making, enhance collaboration among stakeholders, and improve the overall efficiency and accuracy of construction projects. Consequently, while Ukraine faces challenges in widespread BIM adoption, the potential benefits underscore the importance of overcoming these barriers and embracing this innovative technology.

Due to the global advantages and growing popularity of Building Information Modeling (BIM), the authors of this paper decided to analyze the current situation in Ukraine. Their objective is to examine the strengths and weaknesses associated with the introduction of BIM technology in the country, as well as to identify the opportunities and risks it presents. To conduct this analysis, the authors utilized a SWOT analysis, a tool primarily used in strategic planning and various management areas [68].

The paper highlights the challenges faced by both the Ukraine public administration and participants in construction projects concerning BIM implementation. Additionally, the authors explore potential future trends in the development of BIM technology in Ukraine, aiming to provide insights into its



evolving landscape and the strategic actions needed to foster its growth and integration within the industry.

The SWOT analysis is a widely utilized tool in strategic management, particularly in the initial stages of crafting an organization's strategy. As a diagnostic instrument, it is employed to assess an organization's resource capabilities and deficiencies, its market opportunities, and the external threats it faces. The acronym SWOT stands for Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats, reflecting the analysis's focus on both internal and external factors (fig. 2).

S	W	O	T
STRENGTHS	WEAKNESSES	OPPORTUNITIES	THREATS
<input type="checkbox"/> What you excel at	<input type="checkbox"/> Where you can improve	<input type="checkbox"/> Emerging trends	<input type="checkbox"/> New competitors
<input type="checkbox"/> Competitive advantages	<input type="checkbox"/> Competitive disadvantages	<input type="checkbox"/> Competitor weaknesses	<input type="checkbox"/> Low customer satisfaction
<input type="checkbox"/> Proprietary resources	<input type="checkbox"/> Weak brand	<input type="checkbox"/> Market growth	<input type="checkbox"/> Negative industry or economic outlook
<input type="checkbox"/> Tangible assets	<input type="checkbox"/> Inefficient processes	<input type="checkbox"/> Geographic expansion	<input type="checkbox"/> Competing technology
<input type="checkbox"/> Intellectual property	<input type="checkbox"/> Resource gaps or constraints	<input type="checkbox"/> New technology or capabilities	<input type="checkbox"/> Negative press coverage
<input type="checkbox"/> Brand awareness & reputation	<input type="checkbox"/> Narrow profit margins	<input type="checkbox"/> New niches	<input type="checkbox"/> Declining market
<input type="checkbox"/> Exclusive relationships or partnerships	<input type="checkbox"/> Financial challenges	<input type="checkbox"/> Cash infusion	<input type="checkbox"/> Legal constraints

Figure 2. SWOT analysis approach.

The SWOT analysis has two main dimensions: internal and external. The internal dimension encompasses organizational factors, including strengths and weaknesses. Strengths refer to the positive attributes and resources within the organization, while weaknesses denote the internal limitations and challenges. The external dimension involves environmental factors, identifying opportunities (positive external factors) and threats (negative external factors).

By using SWOT analysis, organizations can gain insights into how to leverage their strengths and address their weaknesses to capitalize on external opportunities and mitigate potential threats. This dual focus helps in creating a balanced and comprehensive strategic plan. The four categories of factors generated by the two dimensions are:

1. External positive (Opportunities) – Development opportunities in the environment.
2. Internal positive (Strengths) – Strengths of the organization.
3. External negative (Threats) – Environmental hazards.
4. Internal negative (Weaknesses) – Weaknesses of the organization.

In this paper, the research performed by author aims to assess the opportunities offered by the introduction of the BIM technology to evaluate the opportunities and risks associated with the introduction of BIM technology in Ukraine. They assess the strengths and weaknesses of support for the construction and investment processes using BIM. By combining the analysis of internal and external factors, the aim is to determine the best ways to utilize the potential of BIM technology in the Ukrainian context [69].

Furthermore, the authors seek to measure the internal strength of BIM technology, its strategic attractiveness, and the probability of achieving strategic success. This comprehensive analysis provides valuable insights into how BIM can be effectively implemented and supported in Ukraine, taking into account the specific conditions and challenges of the local construction industry [70].

The analysis will present the advantages and disadvantages of BIM technology as strengths and weaknesses, respectively, while also identifying the opportunities and risks associated with its implementation. This comprehensive evaluation will be conducted in three stages:

- **Stage I:** Identification and Assessment of Factors

Task: Identify factors related to the implementation of BIM, categorizing them as either positive or negative for the construction project and its environment.

Assessment: Evaluate these factors on a numerical scale from 1 to 5, where 1 represents a very weak influence and 5 represents a very strong influence.

- **Stage II:** Assessment of the Strategic Situation of BIM

- Task: Analyze the strategic position of BIM technology in the construction industry, considering the previously identified factors.

- **Stage III:** Identification of Strategic Tasks and Actions

- Task: Combine and analyze the strengths and weaknesses of BIM technology with the opportunities and threats from the environment.

- **Objectives:**

- Leverage the strengths of BIM to maximize the benefits from external opportunities.
- Overcome the weaknesses of BIM by utilizing existing opportunities in the environment.
- Use the strengths of BIM to avoid external threats.
- Minimize the impact of BIM's weaknesses to mitigate environmental risks.

This structured approach ensures a thorough evaluation of BIM technology, providing actionable insights and strategies for its effective implementation in the construction industry.

According to the United States National Institute of Building Sciences (NIBS), "A BIM is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. As such, it serves as a shared knowledge resource for information about a facility, forming a reliable basis for decisions during its lifecycle from inception onward». The primary function of BIM technology is to support activities throughout the entire lifecycle of a building by providing detailed information on both the building's geometry and descriptive data about the structure and its individual components [71].

The advancement of BIM and other digital technologies in the construction industry has significantly improved construction processes and accelerated project implementation. Technologies such as Building Information Modeling (BIM),

Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), and the Internet of Things (IoT) (e.g., near-field communication (NFC) and radio-frequency identification (RFID) sensors) have introduced new hardware and software tools into the construction industry. These technologies facilitate the automation of construction processes, enhance monitoring of construction activities, and improve information flow and quality inspections [72].

One of the main advantages of BIM is its ability to consolidate data in a single location, the BIM model, which includes a three-dimensional geometric representation of the building. Centralized data collection throughout the design, construction, and operational phases allows for further analysis, generating new insights and simulations to identify clashes and interdependencies. Additionally, new methods of data visualization using visual and mixed reality enhance communication and provide on-site information.

A key distinction between BIM and traditional construction processes lies not only in the 3D geometric presentation and centralized data collection but also in the mindset and approach of the participants involved. For instance, cost analysis benefits from the BIM model by enabling quick extraction of necessary information and data for predictive models. All project participants have access to the data throughout the entire construction cycle, allowing for real-time adjustments and up-to-date information on cost analysis and its changes [73, 74].

Moreover, BIM allows for easy and quick verification of the geometry and information included in the model. This capability significantly aids in detecting potential clashes early in the pre-execution stage, enabling discussions on alternative solutions or error correction before construction begins. BIM stands at the forefront of digital transformation in the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry, streamlining operations such as collaboration and design review while addressing challenges related to speed, cybersecurity, and data exchange integrity.

The United States is the global leader in BIM adoption, making the dominance of North America unsurprising. However, Europe holds the second position, leveraging American models while also developing its own dynamic advancements in BIM technology. Australia and Oceania follow, excelling particularly in design modeling.

Asia features strong leaders such as Korea, Hong Kong, China, and Japan in the BIM landscape [75].

In contrast, South and Central America exhibit slower BIM adoption despite close influence from the USA and Canada. Only a few countries in this region, excluding large nations like Argentina and Brazil, have introduced BIM in public procurement over recent years. BIM adoption in the Middle East and Africa is also relatively low. Private investors in these regions are keen on using BIM for projects, but public investors limit its use to infrastructure investments, such as the construction of airports or passenger service terminals (e.g., Istanbul Grand Airport, Bahrain International Airport, and Abu Dhabi Midfield Terminal).

In Europe, Western and Northern countries have been early adopters of BIM, with the United Kingdom and Scandinavian countries emerging as market leaders. Southern and Eastern European countries are adopting BIM at a slower pace. This pattern is also evident in government initiatives, with countries like Finland, Norway, Great Britain, France, and Italy leading in the implementation of BIM solutions in public procurement [76, 77].

Ukraine falls into the group of countries that are still planning to introduce BIM standards or mandates in public procurement, resulting in a slower adoption rate. Currently, Ukraine lacks widely used BIM standards and substantial government support or mandatory requirements in public procurement. Nonetheless, market awareness is growing, especially among designers, and several public procurement projects, mainly focused on BIM model design, have already been announced and executed [78].

The SWOT analysis reveals that the current market conditions in Ukraine are favorable for the implementation of Building Information Modeling (BIM). This favorable position arises from the presence of more strengths than weaknesses and more opportunities than threats. However, despite this positive outlook, rapid advancements in BIM adoption within the Ukrainian construction industry are unlikely.

The most effective strategic approach for implementing BIM technology in Ukraine appears to be an aggressive development strategy, suitable for "maxi-maxi" situations. This strategy focuses on maximizing the utilization of both strengths and opportunities to facilitate the widespread and dynamic adoption of BIM in everyday construction practices. It is essential to leverage the strengths of BIM whenever the external environment offers suitable opportunities.

To promote BIM, it is crucial to engage leading companies in the construction market by highlighting the potential for reducing investment costs, thereby encouraging the adoption of BIM. Additionally, the introduction of specialized BIM programs in universities can address the current skills gap. By offering dedicated courses, these programs will help produce a workforce proficient in various BIM applications over the next few years.

Furthermore, strategic initiatives should include:

- **Industry Partnerships:** Collaborating with leading construction firms to showcase successful BIM projects and their cost-saving benefits.
- **Government Support:** Advocating for government policies and incentives that promote BIM adoption in public and private projects.
- **Awareness Campaigns:** Conducting workshops, seminars, and conferences to raise awareness about the advantages of BIM among industry stakeholders.
- **Continuous Learning:** Establishing continuous professional development programs to keep practitioners updated on the latest BIM technologies and practices.

By implementing these strategies, Ukraine can create a robust foundation for the successful integration of BIM technology, ultimately leading to more efficient, cost-effective, and innovative construction practices.

### SECTION 3. FOOD AND LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGY

DOI: 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3.3.1

#### **3.1 Optimisation of drying of Sorbus aucuparia fruit processing derivatives using the response surface methodology**

**Abstract.** In any food production process, it is important not only to produce a high quality product, but also to minimise production waste and reduce energy consumption. In recent years, customers have also been paying particular attention to biological value, which has led to an increase in the popularity of natural products. Finding new types of unconventional raw materials and choosing a rational way to process them is an important task for scientists. **The object of study** in this case was the fruit of Sorbus aucuparia. **The purpose of the study** was to determine the influence of the interdependence of technological parameters and to establish the optimal parameters for rowan drying using the method of mathematical modelling, namely the response surface methodology. The process of processing Sorbus aucuparia fruit included preliminary freezing, defrosting, osmotic dehydration, drying and grinding. **Research methods.** The modelling and processing of experimental data was performed using the Statistica 10 package, namely, the construction of the experiment planning matrix in the form of a table, the finding of response functions, regression and analysis of variance models. The method specified in DSTU 8004:2015 was used to determine the mass fraction of moisture. The content of vitamin C in the experimental powder samples was studied using the HPLC method (high-performance liquid chromatography). **Results.** According to the solved model for all the presented rowan fruits, the optimal value is the drying temperature (50...55)°C, at which the maximum desirable value of moisture content, vitamin C content in products and attractive appearance are observed. A factor that affects the drying of wild berry derivatives is the duration of the process. The optimal value is a drying time of 110...120 minutes.

**Conclusion.** Using the method of mathematical modelling, namely, the methodology of response surfaces, the influence of the interdependence of

technological parameters and the establishment of optimal parameters for rowan drying were determined.

**Keywords:** Sorbus aucuparia; food additive; drying; osmotic dehydration; mathematical model

### 3.1.1 Introduction

One of the priorities of the food industry is to extend the shelf life of plant-based products and preserve their biological value.

Traditional methods of processing plant materials include heat treatment at high or low temperatures, dehydration and enzymatic preservation.

In the process of high-temperature heat treatment, changes occur in the structural-mechanical, physicochemical, biochemical, chemical, microbiological, organoleptic properties, nutritional and biological value of raw materials [79].

Fresh berries, which contain biologically active compounds, are perishable under natural conditions. Drying is one of the most effective processing methods that can extend the shelf life of berries, while retaining nutrients and active ingredients to a large extent. However, the taste and texture of the final product largely depend on the drying method [80].

Berry crops have a high water content (80–90 %). In addition to water, berries contain cell sap, which consists of undissolved nutrients and biologically active substances, nitrogenous substances, carbohydrates, vitamins, mineral salts and aromatic compounds. About 10...15 % of the total water is retained by plant colloids and requires significant energy consumption for its removal [81].

An experimental study [82] of drying viburnum berries at different temperatures of the drying agent (55, 70, and 85 °C) and air circulation rate (0.5 m/s) showed that the samples obtained almost did not differ in most physical properties, except for skin hardness and elasticity. However, a significant difference was found in the drying time of the berries. At a hot air velocity of 0.5 m/s, the drying time for viburnum fruit was more than 44 hours at 55 °C and approximately 7 hours at 85 °C.



In modern practice, infrared dryers are increasingly being used to dry food products, which have several advantages. These include shorter process times due to high drying speeds, energy savings, greater control over temperature conditions, improved product quality, lower environmental impact, and the ability to combine with other dehydration methods. The combination of infrared radiation with other drying methods is a very promising area, as it not only speeds up the process but also preserves the quality of products [83].

The infrared drying method is based on the use of infrared radiation properties. Its safety for the environment and humans is a primary advantage. Infrared rays of a certain wavelength are absorbed not by the tissues of the fruit, but by the water contained in them, which allows moisture to be removed at low temperatures (up to 50 °C). This approach prevents cell destruction, which makes it possible to preserve almost all the content of vitamins and other biologically active substances up to 90 % of the original raw material. In addition, this method ensures that the natural aroma and colour of the product is preserved [84].

There are already studies on the impact of different drying conditions on strawberry quality. The drying time decreased with increasing infrared power, temperature and air speed. Increasing the power from 100 W to 300 W, the temperature from 60 to 80 °C and the speed from 1.0 m/s<sup>1</sup> to 2.0 m/s<sup>1</sup> reduced the fruit colour quality index. In terms of total phenol and anthocyanin content, 300 W, 60 °C and 1.0 m/s<sup>1</sup> were superior to the other experimental conditions. Drying processes increased the content of N, P and K and decreased the content of Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu. The optimal conditions for nutrient retention during infrared drying of strawberries were 200 W, 100 °C and 1.5 m.s<sup>1</sup> [85].

Osmotic dehydration is an effective method of preliminary preparation of raw materials before drying, which allows improving the quality of dried products and preserving their sensory properties and biological value [86].

During osmotic dehydration, plant materials are immersed in a hypertonic solution, where they absorb exogenous fluid. This process partially removes water from the cells, which facilitates the subsequent removal of moisture during drying [87].

As a result of osmotic dehydration, the concentration of valuable substances in the raw material increases and the drying time decreases, which helps to maintain product quality [88].

Known methods of drying wild berries require the use of high temperatures, which can cause significant losses of nutrients, which can range from 20 % to 80 % [89].

In [90], infrared drying tests were carried out at temperatures of 60, 70, 80 and 90 °C to assess the drying rate, as well as the colour and texture of the finished product.

There is also a study of *Ugni molinae* Turcz berries to determine the drying characteristics and compare the quality of the dried product under convective and combined convective-infrared conditions at temperatures of 40, 50 and 60 °C and power of 400-800 W [91].

There are also results of a study where the optimal conditions for drying grapes and goji berries were infrared heating at a temperature of 65 °C, with a drying time of about 720 minutes for grapes and 450 minutes for goji berries [92].

Pointing et al. [93] were the first to develop osmotic dehydration of food products.

Vial [94] and Heng et al. [95] studied the kinetics of osmotic dehydration of papaya and kiwi in sucrose and glucose solutions.

Torregianni [96] investigated the quality of osmotically treated cherries and analysed sugar content, colour, acidity, vitamin C content, pH and organoleptic characteristics.

Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple was studied by Beristain et al. [97].

Pragati et al. [98] investigated the effect of drying methods on the nutritional composition of dehydrated amla fruit (*Emblica officinalis* Garten) during storage. The fruits were dried using different methods, namely air drying, direct sun drying, indirect sun drying and oven drying. It was observed that the air drying method resulted in better preservation of nutrients such as ascorbic acid and sugar. Tannin levels were found to be lower in air-dried amla compared to other drying methods.

El-Aouar et al. [99] studied the effects of two different osmotic agents (sucrose and corn syrup) on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.) slices. The

dehydration in sucrose solutions was higher than in corn syrup solutions, which is explained by their higher viscosity and polysaccharide content.

Haj Najafi et al. [100] studied the effect of the osmotic dehydration process on the mass transfer and quality characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) using a sucrose solution at 35°C. The sucrose solution was used at concentrations of 40, 50 and 60 per cent. It was observed that increasing the sucrose concentration and dehydration time resulted in softer tissue of the dehydrated product and a discolouration compared to fresh red pitaya.

Ibitwar et al. [101] studied the effect of different osmotic agents (sugar and sugar glycerol) on the increase in dry matter and water loss during osmotic dehydration of plums. Drying was carried out at 45, 55 and 65°C. It was found that osmotic dehydration followed by air drying resulted in a shorter drying period and a reduction in total convective dehydration time by 240 min and 120 min in sugar and sugar-glycerol solutions, respectively, compared to convective air drying. The drying rate curves did not have a constant period and showed a linear decrease in rate throughout the drying process.

Taking this into account, the aim of the work was to the purpose of the study is to determine the influence of the interdependence of technological parameters and to establish the optimal parameters of rowan drying using the method of mathematical modelling, namely, the response surface methodology.

### **3.1.2. Experimental part**

*3.1.2.1. Procurement of Raw Materials.* The raw material for the production of food powdered additives from berry processing derivatives is the fruit of the common rowan (*Sorbus aucuparia*), which is harvested in Sumy region. Vegetable powders made from berry derivatives are produced from high-quality fruit and berry raw materials that are not damaged by diseases and pests. Processing of fruits and berries with signs of decay is not allowed. Fruits were harvested at the state of consumer ripeness, when they are fully formed, have acquired the colour, taste, aroma and dense flesh characteristic of the variety.

*3.1.2.2. Pretreatment of Raw Materials – osmotic dehydration.* We have developed a technology [102] that involves the processing of wild berries into functional powders. It differs from other methods of powder production by using osmotic dehydration before drying. Preliminary dehydration of berries takes place in a concentrated (70 %) sugar solution. After separation from the osmotic solution, the berries are dried in infrared dryers at 50 °C to a moisture content of 7–10 %. This method reduces energy consumption by shortening the drying time.

*3.1.2.3. Development of dry wild berries and their powders.* The dried berries are crushed to a powdered structure and then sorted into fractions of different degrees of dispersion. The dried material is ground to a powdered structure using a laboratory disc mill LZM-1 and sieved using a set of brass sieves № 045, № 035 and № 016.

*3.1.2.4. Experimental design for optimization of drying Sorbus aucuparia L.*

The optimisation of the parameters of drying rowan fruit derivatives consisted in choosing the most effective variant of technological processes.

The optimal parameters for drying rowan fruit derivatives were determined by analysis of variance and regression. The method of mathematical modelling, in particular, the methodology of response surface on the data of a full-factorial experiment, was used.

Temperature ( $t$ , °C) and duration ( $\tau$ , min) were chosen as controlling factors (independent variables). The control parameters (dependent variables) are humidity ( $\varphi$ , %), vitamin C content ( $C$ , mg/100 g), and appearance ( $A$ , point).

To create an experiment planning matrix, we plan to change the control factors at three levels:  $X_0$ ,  $-X$ ;  $+X$ , with a variation step of  $\pm\Delta$ . The levels of variation of the control factors of the full-factor experiment are presented in Table 1.

Table 1.

Levels of variation of controlling factors in the system of drying rowan fruit  
processing derivatives

Operation	Designation	Control parameters	
		t, °C	τ, min
Variation interval	±Δ	5	30
Levels:			
zero	0	55	90
lower	-1	40	30
upper	+1	70	150

The modelling and processing of experimental data was performed using the Statistica 10 software (Statsoft Inc., USA), namely, the construction of the experiment planning matrix in the form of a table, the finding of response functions, regression and variance analysis of models.

The adequacy of the developed models was checked by the method of analysis of variance. For the adequacy of the models, the level of significance of the loss of consistency for the models should be  $p \leq 0.05$  and the value of the determination coefficients ( $R^2$ ,  $R^2_{adj}$ ) should be close to one, the calculated Fisher's criterion ( $F_{calculated}$ ) should be greater than the tabulated one ( $F_{table}$ ).

#### 3.1.2.5. Physicochemical analysis of wild berries powders.

To determine the mass fraction of moisture, the method defined in DSTU 8004:2015 was used. A pre-dried and weighed burette with a glass rod, lid, and sand was used to weigh a crushed PPR sample weighing 5 grams. The burette with the sample was placed in a drying oven heated to a temperature of  $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . The drying time was started when the thermometer read  $105 ^\circ\text{C}$ . After 40 minutes of drying, the bays with the sample were loosely covered with lids, placed in an evaporator for 20 minutes, and then tightly closed with lids and weighed.

The mass fraction of moisture (x) in percent was calculated by the formula:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} * k, (1)$$

where  $m_1$  is the mass of the burette with lid, stick, sand and suspension before drying, g;

$m_2$  is the mass of the flask with lid, stick, sand and suspension after drying, g;

$m_3$  is the mass of the flask with lid, stick and sand, g;

K - correction factor.

The content of vitamin C in the experimental powders samples was studied using the HPLC method (high-performance liquid chromatography). For this purpose, an Agilent Technologies 1200 apparatus with a UV-Vis Abs detector was used, which operated at  $\lambda = 240$  and 300 nm. The column used for the analysis was a C18 (Zorbax SB-C18) with dimensions of  $4.6 \times 150$  mm and a 5  $\mu\text{m}$  mesh. The mobile phase consisted of methanol and 0.02M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  solution in a ratio of 20:80. The analysis was performed using isocratic processing with an elution rate of 1 mL/min and an analytical column temperature of 40 °C. The injection volume was 20  $\mu\text{l}$ .

Samples were extracted by adding 20 ml of mobile phase to powdered samples weighing 1 gram and liquid samples in a volume of 5 ml. After extraction, the samples were centrifuged three times for 10 minutes at 10,000 rpm using an OPN-12 centrifuge. The extracts were filtered using an Agilent PTFE filter with a mesh size of 0.45  $\mu\text{m}$ .

#### *Statistical Analysis.*

In order to avoid systematic errors, the study was conducted in a randomised manner – the experiments were conducted not sequentially as specified in the plan, but in a random order. Each series of experiments ( $N = 9$ ) was repeated 3 times.

The mathematical and statistical processing of the obtained results was carried out on a computer using Statistica 10 software (Statsoft Inc., USA). The determined value of the reliability of the deviation ( $p$ ) does not exceed 0.05, which indicates that the value of the accuracy indicator ( $P$ ) of the results is more than 0.95.

### **3.1.3. Research results and their discussion**

Since the design of a full-factorial experiment creates a matrix of two control factors ( $t, \tau$ ) at three levels of change ( $X_0, -X; +X$ ), the experiment will be carried out according to the number of sufficient experiments, which is calculated by Eq:

$N=3^n=3^3=9$ . Thus, 9 experiments are sufficient to implement all possible combinations of changes in the control factors. The matrix-plan of the full-factorial experiment and the averaged results of moisture content ( $\varphi$ , %), vitamin C content ( $C$ , mg/100 g) and appearance ( $A$ , point) under the determined control factors are shown in Table 2.

Table 2.

Matrix-plan of a full-factor experiment of the influence of controlling factors on control parameters and averaged research results in the system of drying rowan fruit processing derivatives

No. of experiment	Indication of the level of change of factors		Controlling factors		Control parameters		
	t, °C	$\tau$ , min	t, °C	$\tau$ , min	$\varphi$ , %	C, mg/100 g	A, point
1	-1	-1	40	30	33,5	12,1	2,1
2	-1	0	40	90	27,2	8,5	2,3
3	-1	+1	40	150	16,7	4,1	3,2
4	0	-1	55	30	23,5	7,5	2,5
5	0	0	55	90	7,5	1,7	4,5
6	0	+1	55	150	6,0	1,4	4,0
7	+1	-1	70	30	18,5	6,5	2,8
8	+1	0	70	90	7,5	1,4	4,0
9	+1	+1	70	150	4,5	1,0	3,9

At the first stage of mathematical processing of the experimental results, the significance of individual components of the mathematical model – regressors – was assessed, and the adequacy of the obtained mathematical model for obtaining powders of rowan fruit derivatives was evaluated.

The analysis of variance of the influence of controlling factors on the control parameters of obtaining powders derived from the processing of rowan fruit is presented in Table 3.

Table 3

Dispersion analysis of mathematical models for drying rowan fruit processing derivatives

Controlling factors	SS	df	MS	Fisher's criterion		
				F <sub>calculated</sub>	F <sub>table</sub>	
<b>Moisture, %</b>	Temperature, °C	430,447	2	215,223	25,719	5,99
	Duration, min.	407,420	2	203,710	24,343	5,99
	Net error	33,473	4	8,368		
	SS	871,340	8			
	R <sup>2</sup>	0,962				
<b>Vitamin C content, mg/100 g</b>	Temperature, °C	50,149	2	25,074	17,832	5,99
	Duration, min.	68,936	2	34,468	24,513	5,99
	Net error	5,624	4	1,406		
	SS	124,709	8			
	R <sup>2</sup>	0,955				
<b>Appearance, point</b>	Temperature, °C	2,362	2	1,181	5,111	5,99
	Duration, min.	2,816	2	1,408	6,091	5,99
	Net error	0,924	4	0,231		
	SS	6,102	8			
	R <sup>2</sup>	0,849				

The variance analysis confirmed the significance of the selected control factors according to the Fisher's criterion:  $F_{\text{calculated}} > F_{\text{table}}$ , where  $F_{\text{calculated}}$  is the calculated Fisher's criterion,  $F_{\text{table}}$  is the critical Fisher's criterion. Accordingly, according to the analysis of variance, the control factors for which the value of the calculated Fisher's criterion is greater than the critical value ( $F_{\text{calculated}} \geq F_{\text{table}}$  (5.99)) are considered significant, that is, capable of influencing and effectively moving the drying process towards the goal – the maximum of the control parameters. Thus, the duration and temperature of drying are significant factors for the presented mathematical models of drying rowan fruit derivatives.



The adequacy of the mathematical models was checked by the determination coefficient  $R^2$ , which numerically expresses the proportion of variations in the dependent variables – the higher the  $R^2$  value, the greater the proportion of variations explained by the variables included in the mathematical model.

The coefficient of determination ( $R^2$ ) in the mathematical models (Table 3) is as close as possible to one, so the studied mathematical models are adequate and suitable for calculating the optimal values of the control factors.

The regression analysis performed in Statistica software in the mathematical models of drying rowan fruit processing derivatives was used to calculate the coefficients for the variables of the regression equation and to determine their significance. The results are summarised in Table 4.

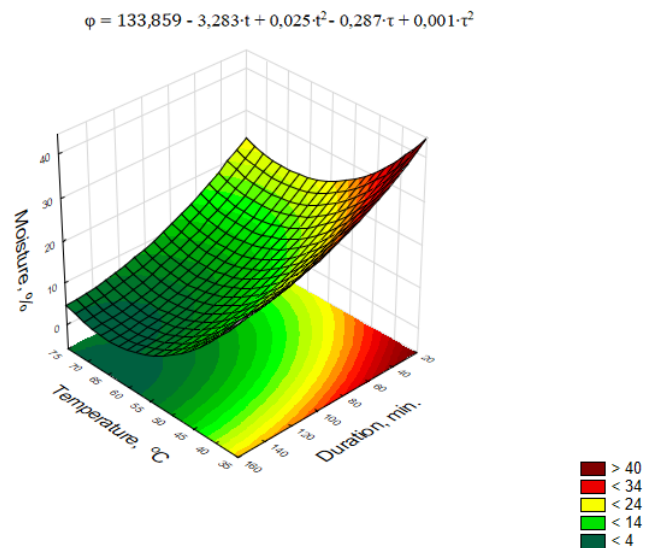
Table 4.

Regression analysis of mathematical models for drying rowan fruit processing derivatives

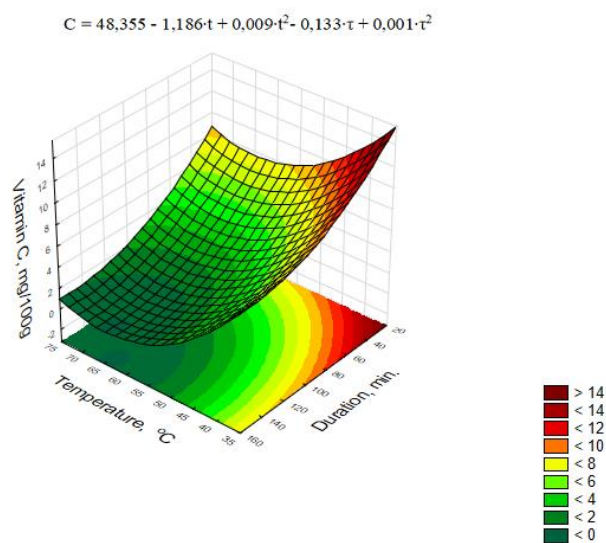
Controlling factors		Control parameters				
		Mean / Interc.	t	t <sup>2</sup>	τ	τ <sup>2</sup>
<i>Moisture, %</i>	Coefficient on variables (b)	133,859	-3,283	0,025	-0,287	0,001
	Standard errors of estimates ( $S_b$ )	26,767	1,003	0,009	0,104	0,001
	Student's criterion (t – criterion)	5,001	-3,273	2,762	-2,752	1,491
	Significance level (p)	0,007	0,031	0,005	0,005	0,021
<i>Vitamin C content, mg/100 g</i>	Coefficient on variables (b)	48,355	-1,186	0,009	-0,133	0,001
	Standard errors of estimates ( $S_b$ )	10,972	0,411	0,004	0,043	0,001
	Student's criterion (t – criterion)	4,407	-2,884	2,465	-3,110	1,868
	Significance level (p)	0,012	0,045	0,006	0,036	0,014
<i>Appearance, point</i>	Coefficient on variables (b)	-8,262	0,336	-0,003	0,036	-0,001
	Standard errors	4,448	0,167	0,002	0,017	0,001

Controlling factors	Control parameters				
	Mean / Interc.	t	t <sup>2</sup>	τ	τ <sup>2</sup>
of estimates (S <sub>b</sub> )					
Student's criterion (t – criterion)	-1,857	2,015	-1,814	2,086	-1,519
Significance level (p)	0,013	0,011	0,014	0,011	0,020

The mathematical equations of the mathematical models and a visual representation of the response functions, which depicts the nature of the influence of control factors on the drying of wild berry processing derivatives, are shown in Fig. 1.

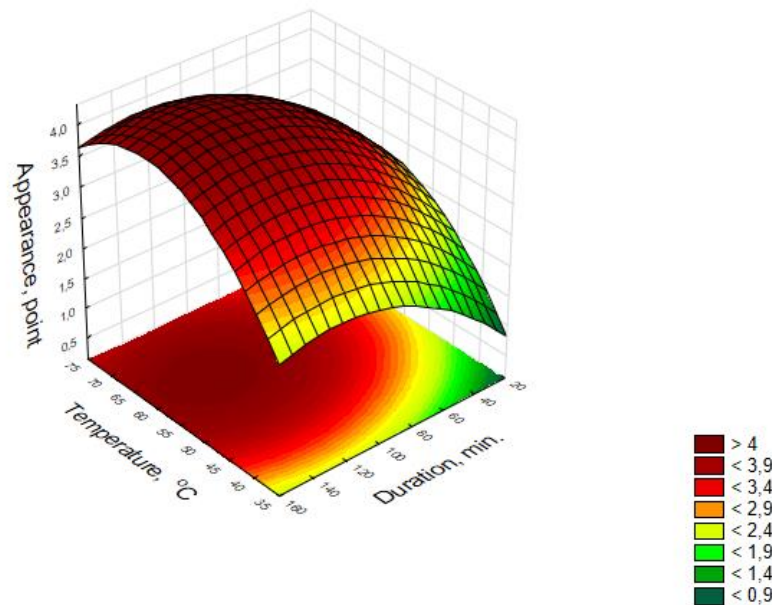


a



b

$$\text{Appearance} = -8,261 + 0,336 \cdot t - 0,003 \cdot t^2 + 0,036 \cdot \tau - 0,001 \cdot \tau^2$$



c

Figure 1 - Changes in control parameters from controlling factors during drying of rowan fruit derivatives:

a) moisture content, %; b) vitamin C content, mg/100g; c) appearance, point

Determining the optimal rational drying parameters means selecting such modes that will ensure the minimum duration and energy consumption of the process, and the output will be a product with the highest possible technological properties, nutritional and biological value.

The constructed response surfaces (Fig. 1 a) show that the minimum moisture content in the powders of rowan fruit derivatives is observed in the temperature range (60...70)°C. The optimum drying temperature was chosen taking into account energy consumption and product quality indicators. From the point of view of energy consumption, the shorter the drying time, the higher the degree of heat utilisation, but product quality is also strongly influenced by the temperature. Therefore, the drying temperature was selected to ensure that the drying time was kept to a minimum and the resulting powder was of the highest quality. The analysis of the response surfaces in Fig. 1b shows that high temperature values contribute to a decrease in the vitamin C content. At low temperatures and at high temperatures, the appearance of the

resulting dry products is not satisfactory, characterised by low scores. According to the solved model for all the presented rowan fruits, the optimal value is the drying temperature (50...55)°C, at which the maximum desired value of moisture content, vitamin C content in products and attractive appearance are observed.

A factor that affects the drying of wild berry derivatives is the duration of the process. If the time is not rationally chosen, energy consumption increases, and vice versa, if the process is not carried out sufficiently, the quality of the finished product decreases. The analysis of the response surfaces in Fig. 1b show that with an increase in drying time, the moisture and vitamin C content decrease, the latter being undesirable. The optimal value for solving this model is the drying time (110...120) min.

Rowan berries (*Sorbus aucuparia*) are known for their high vitamin C content, making them a valuable addition to the diet for boosting immunity and overall health. Rowan is reported to contain three times more ascorbic acid than oranges [103].

The results of the study of the vitamin C content in powdered food supplements and raw materials are shown in Figure 2.

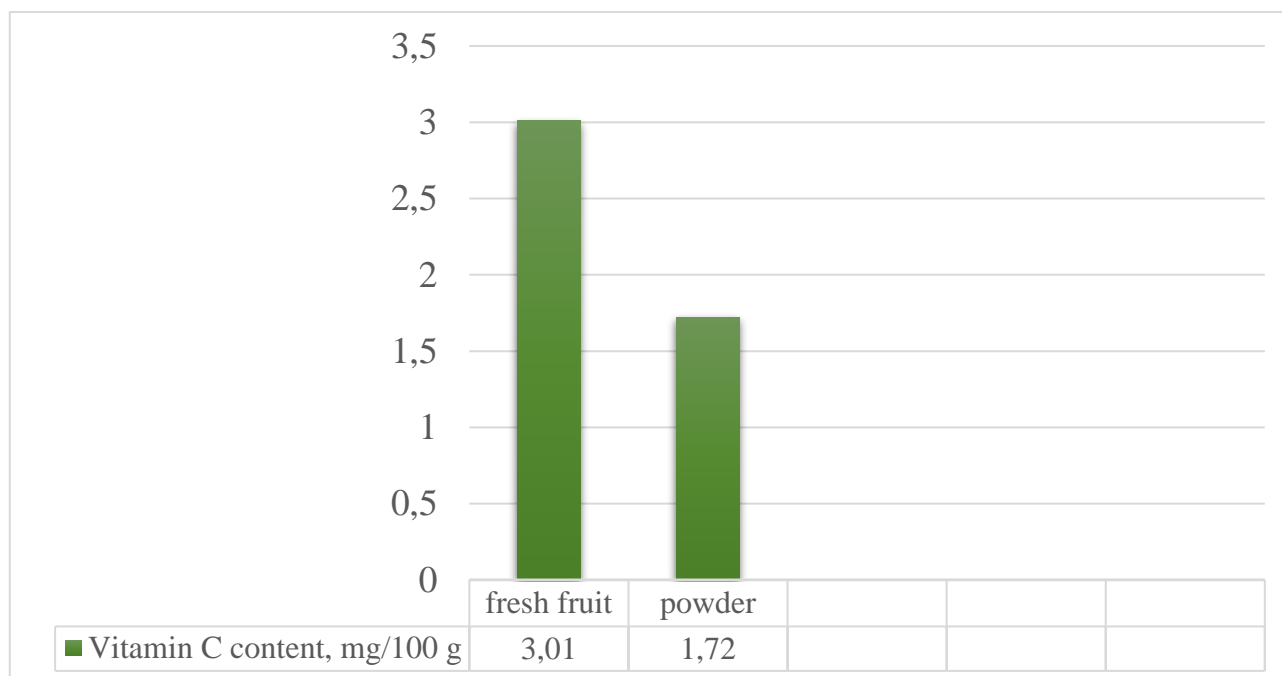


Figure 2 - Vitamin C content in fresh rowan fruit and powders

The proposed method of processing rowan fruit, using osmotic dehydration, allows preserving the content of vitamin C in their processed products by 72%.

According to some scientists [104], the content of ascorbic acid in rowan fruits and their processed products is about 0.10-0.42 mg/g. The recommended intake of ascorbic acid is 60 mg per day. When freshly frozen rowan berries are stored in a starch-sugar mixture, the vitamin C content decreases by 33-40% [105], and the shelf life of such berries is only 6 days. Using our proposed processing method, the shelf life of the powders is 12 months.

#### **3.1.4. Conclusion**

Osmotic dehydration is an important stage in the production of dried food products, which allows improving the quality and preserving the valuable properties of raw materials.

Using the method of mathematical modelling, namely, the methodology of response surfaces, the influence of the interdependence of technological parameters and the establishment of optimal parameters for rowan drying were determined.

Summarising the results of the experimental data, planning the experiment with the establishment of an adequate mathematical model and its solution, the optimal technological parameters for drying rowan fruit derivatives and obtaining powders were determined in the final version: temperature – (50...55) °C; duration – (110...120) min.

### **3.2 Технологія "холодної пастеризації" молока**

#### **Постановка проблеми у загальному вигляді.**

Конкурентоздатність продукції залежить від багатьох чинників, зокрема, від вартості сировини, собівартості виробництва, якості готових товарів, важливості для життя, її поширення та насичення на ринку тощо. Традиційні методи, що застосовуються у виробництві практично вичерпали свої можливості щодо ефективності та кардинального покращення якісних, технологічних, економічних та споживчих можливостей. Людство увійшло в еру нанотехнологій та мікросвіту де є широке поле для удосконалення всіх виробничих та технологічних процесів, урізноманітнення продукції, підвищення енергоефективності та зниження собівартості.

Молоко та молочні продукти є обов'язковими складовими раціону харчування людини і від технології виробництва, заготовки та переробки залежить безпечність, смак та вартість кінцевого продукту. Молоко – цінний біологічний продукт до складу якого входять жири, білки, лактоза, вітаміни, мікроелементи тощо. Якість молока, як продукту споживання, залежить від наявності в ньому різних мікроорганізмів, в тому числі і патогенних. При чому, чим більша кількість бактерій, тим нижча якість молока. Мікроорганізми існують у молоці на будь-якому етапі його заготівлі та переробки [106, С. 180-182].

Первинне молоко за своїми властивостями містить такі недопустимі компоненти, як частинки забруднення і крові, клітини з вимені, осад, домішки і, звичайно, бактеріальну флору, тому молоко підлягає первинній обробці: очищенню від твердих домішок, слизу, іншого бруду та охолодженню до 4-8<sup>0</sup>С.

Існують такі способи пригнічення, розвитку та знищення мікроорганізмів у молоці. Їх можна поділити на три групи: біологічні, хімічні і фізичні.

#### *Біологічні.*

До біологічних способів, відносять засоби боротьби, що пригнічують ріст колоній мікроорганізмів, наприклад при активізації ферментів, антитіл та

лейкоцитів настає бактерицидна фаза здатна призупинити процес розмноження мікрофлори в молоці, а застосування антибіотиків може знезаражувати сире молоко.

Перший спосіб вже застосовується під час первинної обробки продукту інфрачервоним низькоінтенсивним лазерним випромінюванням, зокрема на підприємствах Казахстану [107], а другий має суттєві недоліки, зокрема тому, що антибіотики залишаються в молоці навіть після термічної обробки та його зберіганні і чинять негативну дію на організм споживача, а також ускладнюють технологію при виробництві молочних продуктів. В Україні цей спосіб у молочній промисловості не застосовується [108].

#### *Хімічні.*

Ця група способів впливу на молоко консервантами, дезінфектантами і їх комбінаціями. Найкращим з них вважається спосіб консервування перекисом водню ( $H_2O_2$ ) [108, 109].

В Україні цей спосіб заборонений [110]. Консервувати будь-якою хімічною речовиною молоко, призначене для харчових цілей, категорично заборонено, так як в результаті реакції з молоком можлива залишкова токсичність хімічних речовин.

#### *Фізичні.*

Найпоширеніші способи - фізичні. Вони діють як на знищення, так і на видалення мікроорганізмів із молока. Данні способи можуть здійснюватися без зміни температури молока і з її зміною (з підвищенням або зниженням).

До цих методів належать: фільтрація, відцентрове очищення, охолодження, заморожування, кип'ятіння, пастеризація, стерилізація, ультрапастеризація, поверхневе тертя, тонкошарова пастеризація, електропастеризація, обробка струмами НВЧ, ультразвуком, електромагнітними коливаннями тощо [107, 109, 110, 111].

За звичай зниження показників забруднення продукту досягається традиційними способами: механічним очищенням - фільтрацією або сепарацією в центрифугі, обробкою теплом або холодом.

Загальним недоліком традиційних способів обробки молока для інактивації мікрофлори є:

- низька енергетична ефективність при інактивації (для знищення мізерної маси мікроорганізмів доводиться нагрівати до високих температур увесь об'єм продукту з витримуванням його за максимальної температури певний час);
- зміна природного смаку та руйнування цінних вітамінів при обробці;
- технологічні втрати продукту (вихід на режим та завершення процесу обробки).

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Застосування альтернативних способів обробки молока підвищує енергоефективність процесу, зменшує негативний вплив на біологічну цінність продукту, але, переважно, вимагає складного дорогого обладнання чи має обмеження.

«Холодна пастеризація» вже тривалий час цікавить виробників молочних продуктів через високу енергоефективність та мінімальний вплив на природну якість молока. Особливо це стосується виробників твердих сирів. Сучасна технологія виробництва твердого сиру передбачає бактеріальне очищення сирого молока в бактофузі (за необхідності) при температурі вище 60<sup>0</sup>С, але це не гарантує знешкодження патогенної мікрофлори. Тому Інтерес до вивчення впливу ультрафіолетового випромінювання (УФВ) на компоненти і мікрофлору харчових продуктів обумовлений перспективою їх цілеспрямованого використання для поглибленого регулювання властивостей одержуваних продуктів. Зміни, що відбуваються під дією УФВ у бактеріях і нижчих організмах, проходять наступні три стадії: збудження і посилення руху, початок деструктивних змін, смерть клітини в результаті фотохімічних процесів. Крива бактерицидної ефективності УФВ відповідає спектру поглинання нуклеїнових кислот, тобто мішенню УФВ є молекули ДНК. Найчутливішою до дії ультрафіолетових променів функція клітини - поділ. Опромінення при певній



дозі викликає зупинку поділу близько 90% бактеріальних клітин. Ультрафіолетові промені викликають в нуклеїнових кислотах зміни, які згубним чином впливають на ріст, поділ, спадковість клітин, тобто на їх основні прояви життєдіяльності [112].

Також, існують дані, які доводять, що окрім прямої дії на ДНК, ультрафіолетові промені індукують непрямим шляхом мутації, викликаючи в клітинах утворення вільних радикалів і перекисів, що мають мутагенні властивості. Такі ж мутагенні речовини виникають під дією УФ-світла в рідких живильних середовищах для культивування бактерій, що помітно збільшує у них частоту мутацій [113].

Летальна дія УФВ на хвороботворні мікроорганізми і його безсумнівна ефективність давно добре відомі і підтверджені багатьма випробуваннями. Найбільш позитивні результати і успішна ефективність досягнуті за рахунок використання УФВ при дезінфекції води через її високу прозорість при знешкодженні вірусів, бактерій, дріжджів, найпростіших організмів і інших патогенів людини [114].

Велике коло досліджень присвячене харчовим рідинам, що має обмежену прозорість (меланж, молоко тощо) [115, 116, 117, 118, 119, 120].

Наприклад, при впливі УФВ дозою  $\sim 2,860$  мДж/мл, та середній швидкості потоку 168 мл/хв, досягається зниження *Mycobacterium avium subsp.* Даний тип бактерій вкрай стійкий до ультрафіолетового опромінення, що підтверджує дослідження інших авторів [121, 122, 123], які досліджували інактивацію *Mycobacterium avium subsp. Paratuberculosis* при УФ-впливі в повітрі і воді.

У 2002 році, група дослідників [124] провела досить серйозне випробування, метою якого було вивчення впливу пульсаційного УФ лазерного випромінювання (248 нм) на знезараження коров'ячого молока. Об'єм молока, в кварцовій кюветі, становив 1 мл. Ріст мікроорганізмів - мезофільних аеробів (*E. coli* O157: H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella choleraesuis*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophila*, *Serratia marcescens*) був відзначений у зразках, опромінених дозами від 0,3 до 6,66 Дж/см<sup>2</sup>, однак при збільшенні дози

до 12,6 Дж/см<sup>2</sup> та тривалості впливу до 56 с, не було виявлено росту жодного із зазначених мікроорганізмів протягом 21 дня. Таким чином, автори встановили, що, в принципі, рівень бактеріального обсіменіння можливо контролювати за допомогою лазерного пульсаційного ультрафіолетового випромінювача, і досягти принаймні скорочення кількості бактерій на 2 порядки.

Основною перевагою ультрафіолетової обробки молока крім його бактерицидного ефекту є можливість забезпечення при певних режимах мінімального впливу на білки [125, 126, 127]. Тому питання застосування УФВ для знезараження молока, як це робиться для води досить актуальне.

**Мета статті.** Розробка інноваційної технології та обладнання для інактивації мікрофлори молока.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Молоко є складною системою, основні компоненти якої - жир, білок, лактоза, вітаміни, мінеральні речовини тощо - можуть існувати у колоїдному або розчиненому у воді стані. Типове молоко корів європейських порід містить 87% води, 3,8% жиру, 3,4% білків, 4,5% цукрів (лактози тощо) та 1,3% твердих речовин. Всього у ньому містяться близько 80 мінеральних елементів, причому в ідеальній для засвоєння нашим організмом формі [106].

Зважаючи на обмежену прозорість молока для УФ променів запропоновано пристрій – знезаражувач-молокоочисник, який забезпечує відділення мікрофлори від основної частини молока і поєднує технологію механічного очищення продукту в центрифугі із знезаражуванням бактерій в тонкому прошарку в секції ультрафіолетового двостороннього опромінення [128].

Завдяки високій швидкості обертання барабану 2 очисника закріпленого на вертикальному валу пристрою очищене від механічних та біологічних домішок молоко надходить до секції УФ опромінювання, утворену двома коаксіальними кварцовими трубками різного діаметру 5 та 6. Під дією відцентрових сил мікрофлора молока з більшою питомою вагою осідає в прошарку товщиною до 100мкм на внутрішній стінці зовнішньої кварцової трубки 5 та обробляється УФ

променями з необхідною енергетичною дозою за допомогою світлодіодів 7, 8 (рис.1) [128].

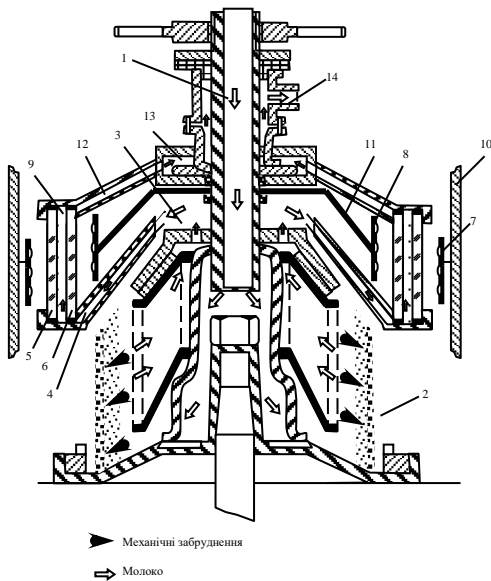
При розрахунку параметрів секції ультрафіолетового двостороннього опромінювання спочатку скористаємося рівнянням нерозривності потоку рідини для визначення руху молока в центрифугі [129].

$$\rho_1 \cdot v_1 \cdot S_1 = \rho_2 \cdot v_2 \cdot S_2, \quad (1)$$

де  $v_1, v_2$  - швидкості рідини в тонких перерізах 1 та 2, м/с;

$\rho_1, \rho_2$  - рідини в 1 та 2 перерізах, кг/м<sup>3</sup>;

$S_1, S_2$  - площа перерізів 1 та 2 рідини, м<sup>2</sup>.



Для рідини, що не стискується ( $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ ) рівняння нерозривності потоку спрощується

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2, \text{ або } S_1 \cdot v_1 = \text{const} \quad (2)$$

Із рівняння 2 слідує, що чим більший переріз трубки течії, тим менша швидкість течії і навпаки.

У випадках коли рідина рухається по руслу змінного перерізу і різної висоти, то для деякого її об'єму змінюється і кінетична і потенціальна енергія об'єму рідини. А тому можемо, після перетворень, записати

Рисунок 1. Будова знезаражувача-молокоочисника

1- центральна молочна трубка; 2 – барабан очисника; 3 – приймальник очищеного молока; 4 – канал ротору; 5,6 – кварцові трубки секції УФ опромінювання; 7,8 – зовнішня та внутрішня світлодіодні матриці; 9 – канал для молока секції УФ опромінювання; 10 – мідний кожух установки; 12 – вивідний канал.

$$\frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 + P_1 = \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2 + P_2, \quad (3)$$

або для довільного перерізу

$$\frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h + P = const \quad (4)$$

де  $\frac{\rho \cdot v^2}{2}$  - динамічний тиск,  $\rho \cdot g \cdot h$  - гідростатичний тиск,  $P$  – статичний тиск.

Вздовж вертикалі на бактерію, що існує в молоці діє сила Архімеда та сила тяжіння. Результируючу силу, що діє на бактерію вздовж осі ОУ можемо визначити з виразу

$$F_p = m \cdot g - F_A = \rho_B \cdot V \cdot g - \rho_m \cdot V \cdot g = (\rho_B - \rho_m) \cdot V \cdot g, \quad (5)$$

де  $\rho_B$  - густина бактерії, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_m$  - густина молока, кг/м<sup>3</sup>;

$m$  – маса бактерії, кг;

$F_A$  – сила Архімеда, Н;

$V$  – об'єм бактерії, м<sup>3</sup>

Якщо в центрифугі заповненій рідиною бактерія об'ємом  $V_B$  рухається навколо вертикальної осі на відстані  $r$  від неї то при початку руху центрифуги виникають сили інерції в горизонтальному напрямку по осі ОХ

$$\vec{F}_{in} = -m_B \cdot \vec{a} , \quad (6)$$

де  $\vec{a}$  - прискорення неінерціальної системи відліку відносно інерціальних, м/с<sup>2</sup>;

$m_B$  – маса бактерії, кг;

$F_{in}$  – сила інерції, Н .

Для обертальних систем це прискорення може бути доцентровим ( $a = \omega^2 \cdot r$ ), а сили інерції, направлені від осі обертання, є відцентровими. В центрифугі, що рухається відцентрові сили діють як на завислі тверді частинки, так і на частинки рідини, тим самим створюючи умови для сепарації (розділення) частинок за фракціями.

У центрифугі з рідиною що рухається, відцентрові ефекти спричиняють виникнення в рідині згідно рівнянню (4) додаткового динамічного тиску

$$P = \frac{\rho_m \cdot v_m^2}{2} ,$$

де  $P$  - динамічний тиск, Па;

$\rho_m$  - густина молока, кг/м<sup>3</sup>;

$v_m^2$  - швидкість руху молока, м/с

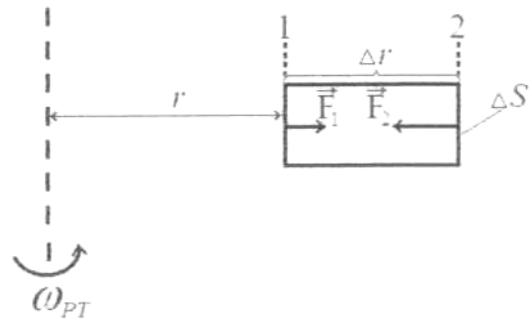


Рисунок 2. Обертання бактерії в центрифугі

Оскільки  $v = \omega_{PT} \cdot r$ , то

$$P = \frac{\rho_m \cdot \omega_{PT}^2 \cdot r^2}{2} . \quad (7)$$

де  $\omega_{PT}^2$  - кутова швидкість ротора, рад/с;

$r$  – відстань (радіус) від осі обертання до бактерії в центрифугі, м

Розглянемо завислу в рідині бактерії з мікророзмірами. Для спрощення будемо вважати її циліндричної форми з поперечним перерізом  $\Delta S$  (рис. 2). На грані 1 і 2 бактерії будуть діяти сили, викликані динамічним тиском. Їх рівнодійна буде направлена по осі ОХ та визначатися виразом

$$F_{PD} = F_2 - F_1 = \left( \frac{\rho_m \cdot \omega_{PT}^2 \cdot (r + \Delta r)^2}{2} - \frac{\rho_m \cdot \omega_{PT}^2 r^2}{2} \right) \cdot \Delta S = \frac{\rho_m \cdot \omega_{PT}^2 \cdot \Delta S}{2} (r^2 + 2 \cdot r \cdot \Delta r + \Delta r^2 - r^2) \quad (8)$$

Якщо  $\Delta r \ll r$ , то можна знехтувати доданком  $\Delta r^2$  та отримати

$$F_{PD1} = \rho_m \cdot \omega_{PT}^2 \cdot r \cdot \Delta r \cdot \Delta S = \rho_m \cdot V \cdot \omega_{PT}^2 \cdot r, \quad (9)$$

тому, що  $\Delta r \cdot \Delta S = V$  – об'єм бактерії, м<sup>3</sup>.

Згідно з (6) відцентрова сила інерції, що діє на бактерію дорівнює

$$F_{in} = \rho_B \cdot V \cdot \omega_{PT}^2 \cdot r. \quad (10)$$

Отже, в рухомій центрифугі рівнодійна сил, що діють на бактерію в горизонтальному напрямку визначається виразами (9) та (10)

$$F_{P1} = F_{in} - F_{PD1} = (\rho_B - \rho_m) \cdot V \cdot \omega_{PT}^2 \cdot r. \quad (11)$$

Якщо  $\rho_B > \rho_m$ , то бактерія буде рухатись в молоці від осі обертання, але якщо  $\rho_B < \rho_m$ , то до осі.

У дійсності, оскільки на бактерію діють дві результуючі сили – одна вздовж осі ОХ –  $F_{P1}$ , яку ми розглядали, а інша вздовж осі ОУ –  $F_P$ , то бактерія

рухатиметься за певною гвинтовою траєкторією, що сходиться або розходиться від осі залежно від співвідношення величин  $\rho_B$  і  $\rho_M$ .

Однією з основних ознак за якою оцінюють ефективність роботи очищувальної центрифуги є *фактор поділу*. Він показує, у скільки разів значення відцентрового прискорення, що досягається в центрифугі, більше за прискорення вільного падіння, тобто:

$$\Phi_{II} = \frac{F_{P1}}{F_P} \quad (12)$$

де  $\Phi_{II}$  – фактор поділу, в.о.;

$F_{P1}$  - сила, що діє на бактерію в горизонтальному напрямку, Н;

$F_P$  – сила, що діє на бактерію вздовж осі ОУ, м;

Із рівнянь (5) та (11) отримуємо

$$\Phi_{II} = \frac{(\rho_B - \rho_M) \cdot V \cdot \omega_{PT}^2 \cdot r}{(\rho_B - \rho_M) \cdot V \cdot g} = \frac{\omega_{PT}^2 \cdot r}{g} \quad (13)$$

Для технічних розрахунків замість кутової швидкості  $\omega$  застосовують частоту обертання ротора  $n$ , об/хв. Ураховуючи, що  $\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{30}$ , та зважаючи на те, що  $\pi^2 \approx g$  (за числовим значенням), одержуємо досить просту розрахункову залежність для визначення фактора поділу центрифуги, яка має ротор радіусом  $r$ :

$$\Phi_{II} = \frac{n^2 \cdot r}{900} \quad (14)$$

Наприклад, для центрифуги з ротором діаметром 0,1 м та частотою обертання 10000 об/хв, фактор поділу  $\Phi_{II} = (10^4)^2 \cdot 0,1/900 = 111111$ . Таким чином, дія відцентрових сил більш ніж на чотири порядки є вагомішою, ніж дія сил тяжіння. Це означає, що  $v_B \gg v_M$  тобто, бактерії практично миттєво досягають

прошарку де ефективно діють УФ промені, а тому розміщення джерела УФВ треба починати одразу з нижнього краю секції опромінювання.

Ефективність знезараження бактерій визначається дозою УФ опромінювання. Найчутливіша до дії ультрафіолетових променів функція клітини – поділ. Опромінення в дозі  $10 \text{ Дж/м}^2$  викликає зупинку поділу близько 90 % бактеріальних клітин, а щоб викликати загибель 90 % клітин, пригнічення синтезу нуклеїнових кислот і білків, утворення мутацій, необхідно довести дозу опромінення до  $\approx 20 \text{ Дж/м}^2$  або  $\approx 20 \text{ Вт/с}\cdot\text{м}^2$ . Більш чутливі до впливу ультрафіолетового випромінювання – віруси і бактерії (палички, коки) у вегетативній формі. Менш чутливі – гриби та найпростіші мікроорганізми. Найбільшою стійкістю володіють спори бактерій. [129].

Незважаючи на мікророзміри ефективної товщини прошарку (до 100 мкм) для дії УФ променів, що утворюється в результаті відцентрових сил, існує імовірність затінення бактеріями одна одну чим зменшується летальна дія УФВ. Для компенсації цього фактору, особливо в імпульсному режимі опромінювання, необхідно збільшити час дії випромінювання.

Користуючись методикою [Л. 114] спочатку визначаємо бактерицидну ефективність УФ-опромінювання мікроорганізмів, що описується експоненціальним рівнянням

$$J_{\text{бк}} = \left( \frac{N_B}{N_0} \right) \cdot 100 = (1 - \exp(-\sigma_s D_s)) \cdot 100\%, \quad (7)$$

де  $J_{\text{бк}}$  - бактерицидна ефективність УФ-опромінювання бактерій, в.о.;

$N_B$  – кількість бактерій, що вижила, шт.;

$N_0$  – початкова кількість бактерій, шт.;

$\sigma_s$  - фоточутливість бактерії,  $\text{м}^2\cdot\text{с/Вт}$ ;

$D_s$  – летальна доза для бактерії при УФ-опромінюванні,  $\text{Вт/с}\cdot\text{м}^2$ .



Взявши довідкові значення фото чутливості визначаємо дозу опромінювання з потрібною бактерицидною ефективністю 99% чи 99,9%

$$D_s = -\ln(1 - J_{\text{бк}} \cdot 10^{-2}) / \sigma_s, \text{Вт} / \text{с} \cdot \text{м}^2. \quad (8)$$

До розмірності величини дози опромінювання ( $\text{Вт}/\text{с} \cdot \text{м}^2$ ) входить потужність, площа та тривалість випромінювання. Це означає, що знаючи продуктивність установки, геометричні розміри секції опромінювання і летальну дозу для інактивації бактерій, можна визначити встановлену потужність джерела УФ випромінювання у визначеному діапазоні довжини хвиль (рис. 3).

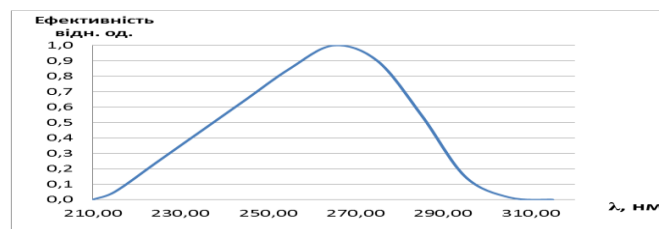


Рисунок 3. Крива ефективності бактерицидної дії УФ-опромінювання [114].

Для практичного використання знезаражувача-молокоочисника важливе застосування енергоефективного, екологічно-чистого джерела УФВ. Донедавна це було практично неможливо, але останні досягнення вчених та інженерів японської дослідницької лабораторії Nippon Telegraph and Telephone Corporation, під керівництвом доктора Йошитака Таньясу створено діоди на основі нітриду алюмінію, які можуть випромінювати УФ-промені з довжиною хвилі 210 нм. [130]. Продукція компанії Prolight Opto Technology Corp. також забезпечує світлодіодне випромінювання в ультрафіолетовому С діапазоні 265-280 нм для знезараження бактерій [131]. Виробники пропонують одиничні світлодіоди з потужністю випромінювання до 20 мВт, світлодіодні збірки до 100 мВт та світлодіодні матриці близько 1 Вт.

Зважаючи на особливості будови секції УФ-опромінювання та відсутності широкої номенклатури промислових світлодіодних матриць, застосовуємо світлодіодні збірки PB2D – 4KLA-KC з номінальним струмом живлення 500 мА та потужністю випромінювання 90 мВт [131]. Встановлюємо їх рядковим способом (попередньо один за одним) на нерухомому мідному кожусі установки 10 в якості зовнішньої матриці випромінювання та на мідній циліндричній поверхні 8 в якості внутрішньої матриці. Вибрана одинична потужність світлодіодної збірки здатна забезпечити щільність випромінювання понад  $180 \text{ мВт/см}^2$ , а кількість встановлених збірок залежить від загальної потужності УФВ, що визначається дозою опромінення бактерій та продуктивністю установки.

У схемах підключення світлодіодних матриць визначальними факторами їх надійності виступають два основні фактори – достатня площа радіатора для відводу тепла і стабілізація струмів живлення. Це безпосередньо пов'язано з посиленою деградацією напівпровідникових кристалів при перевищенні їх температур вище максимально допустимої. Необхідна площа радіатора забезпечується мідним кожухом 10 установки та внутрішньою мідною циліндричною трубкою 7, а струм живлення – двома драйверами ДР1, ДР2.

До підвищення температури кристала призводить, як недостатня площа радіатора охолодження, так і занадто високий струм, що проходить по них. Робочі величини постійного струму вказуються в параметрах світлодіодів, а для орієнтовного вибору площі радіатора в практиці використовують значення  $20\text{--}25 \text{ см}^2$  на 1 Вт потужності. При цьому слід враховувати, що така площа необхідна при температурах навколишнього повітря до  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . При більш високих температурах робочу площу радіатора слід збільшити або доповнити активним охолодженням. У нашому варіанті радіатором слугує нерухома мідна кришка камери опромінювання пристрою.

Для уникнення проблеми коли в разі виходу з ладу одного діода в послідовному ланцюзі, перестає випромінювати світло весь ланцюжок, з'єднуємо всі світлодіодні збірки всередині матриці одночасно послідовно і

паралельно (рис. 4). Така особливість значно зменшує можливість виходу з ладу LED-матриці внаслідок перегорання одного елемента.

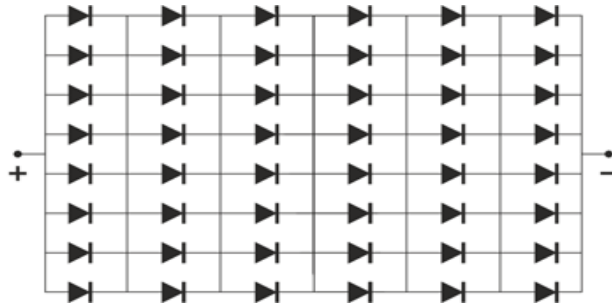


Рисунок 4. Схема послідовно-паралельного з'єднання світлодіодних збірок

Для вирішення питань електроживлення та управління обладнанням пропонується використання схеми, що складається з ланки керування електроприводом та ланки керування випромінюванням.

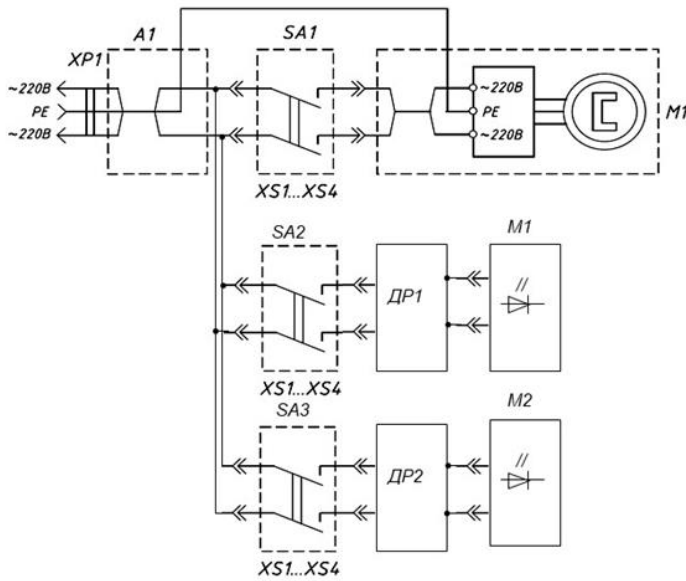
Перша призначена для пуску, повільного розгону барабана разом з камерою опромінювання до максимальних робочих обертів та для зупинки пристрою. До її складу входить: - електродвигун *M1*, два вимикачі *SA1...SA2* та шнур живлення *XPI*.

Електродвигун дає можливість, після включення пристрою в електричну мережу, повільно набирати робочі оберти. Барабан із секцією опромінювання обертається за годинниковою стрілкою, якщо дивитися на них зверху.

Вимикачі клавішного типу мають два робочі положення:

- а) «Увімкнено» - на клавіші нанесений символ 1 ;
- б) «Вимкнено» - на клавіші нанесений символ 0.

Друга ланка призначена для керування УФ-світлодіодними матрицями із зовнішньої та внутрішньої сторони секції УФ-опромінювання для знезаражування бактерій у молоці (рис. 5). До складу ланки входять: секція УФ-опромінювання з матрицями діодів, драйвери для живлення матриць, вимикач.



Установка працює так. Свіжовидоєне молоко із ємності через центральну молочну трубку 1 зезаражувача-молокоочисника надходить до барабану очисника 2. Після очищення від механічних домішок та слизу, через приймальник очищеного молока 3 та канал 4 ротору воно потрапляє до секції двостороннього УФ-опромінення молока з двома коаксіальними кварцовими трубками різного діаметру 5 та 6 де опромінюється УФ світлом

Рисунок 5. Електрична схема керування знезаражувачем-молокоочисником  
*A1*- шнур живлення; *M1*- двигун; *DP1*, *DP2* – драйвери; *SA1*, *SA2*, *SA3* - вимикачі; *XP1*- мережна вилка; *XS1*- гніздо на виводі двигуна; *XS2*, *XS3* - гнізда на виводі драйверів; *PE* - заземлення.

зовнішніх 7 та внутрішніх 8 матриць світлодіодів в діапазоні 215-290 нм в тонкому прошарку ( $\leq 0,1$  мм), що утворюється в каналі 9 між оптично прозорими трубками під дією відцентрової сили. УФ матриці світлодіодів: зовнішні встановлені по периферії ротора на кожусі 10, а внутрішні – на мідній трубці 11 концентрично прикріпленій на нерухомій центральній металевій молочній трубці 1. Бактерії, що знаходяться в дисперсному середовищі та мають щільність більшу за щільність продукту, при обертанні ротора під дією відцентрових сил зміщуються від центру до периферії та утворюють тонкий прошарок на внутрішній поверхні зовнішньої кварцової трубки 5. Дрібніші та легші бактерії розміщуються біля зовнішньої поверхні внутрішньої кварцової трубки 6. Ці

шари опромінюються УФ світлодіодами з обох сторін. Молоко, примусово рухаючись по зазору між кварцовими трубками, продовжує оброблятися до необхідної дози опромінювання, після чого поступає через вивідний канал 12 до вивідного приймача 13, а далі – до приймально-вивідного пристрою 14 і на охолодження чи подальшу технологічну переробку. Для забезпечення імпульсного режиму опромінювання електрична схема установки комплектується генератором імпульсів.

Після обробки молока обладнання промивають та дезінфікують, а потім збирають згідно інструкції.

### **Висновок.**

Таким чином, розроблена установка виконує дві функції первинної обробки молока – механічне очищення та інактивацію ультрафіолетовим опромінюванням мікрофлори в тонкому прошарку, що покращує показники якості продукту. Крім того, така конструкція забезпечує зменшення коштів на придбання двох технологічних пристроїв – сепаратора для очищення молока та пастеризатора. Крім того, завдяки використанню одного двигуна на всю установку та високоефективного екологічно-чистого світлодіодного УФВ значно зменшуються енерговитрати.

## SECTION 4. RADIO ENGINEERING AND TELECOMMUNICATIONS

DOI: 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3.4.1

### 4.1 Композитні коди баркера

#### Анотація.

В статті надано аналітичний вираз для автокореляційної функції (АКФ) композитних кодів Баркера. Показано, що АКФ цих кодів, як і АКФ канонічних послідовностей Баркера, з яких вони складені, мають властивості скалярного добутку та автокореляційної функції, що дозволило збільшити кількість відомих композитних послідовностей з 12 до 48. Знайдено закономірність у побудові пар поєднань, які мають однакову АКФ, що дозволило знайти 4 пари нових поєднань, що мають ту ж АКФ. Розрахунки показують, що для розглянутих композитних послідовностей приріст коефіцієнта посилення ШПС при обробці порівняно з канонічною послідовністю може становити від 3,01 дБ до 10,41 дБ при швидкості передачі інформації 1 МГц. Наведено методику пошуку нових композитних кодів з однаковою АКФ, яка може бути використана для пошуку нових поєднань кодових конструкцій для інших композитних послідовностей Баркера.

#### Вступ

У широкосмугових системах зв'язку (ШСЗ) застосовуються шумоподібні сигнали (ШПС). Вони забезпечують високу завадозахищеність ШСЗ, дозволяють організувати одночасну роботу багатьох абонентів у спільній смузі частот при асинхронно-адресному принципі роботи систем зв'язку, заснованих на кодовому поділі абонентів.

Завадостійкість ШСЗ визначається фундаментальним співвідношенням, яке пов'язує відношення сигнал/завада на виході приймача (на виході узгодженого фільтра або корелятора)  $q^2$  із відношенням сигнал/перешкода на вході приймача  $\rho^2$  [132]:  $q^2 = 2B \rho^2$ , (1)

де  $q^2 = P/P_{\text{п}}$  ( $P_{\text{с}}$ ,  $P_{\text{п}}$  – потужності ШПС та перешкоди),  $\rho^2 = 2E/N_{\text{п}}$  (енергія ШПС  $E = P_{\text{с}}T$ ,  $T$  – тривалість ШПС,  $N_{\text{п}} = P_{\text{п}}/F$  – спектральна щільність потужності перешкоди у смузі ШПС,  $F$  – ширина діапазону ШПС,  $B = FT$  – основа ШПС).

З (1) слід, що прийом ШПС узгодженим фільтром або корелятором супроводжується посиленням сигналу (або придушенням перешкоди) в  $2B$  раз і цю величину називають коефіцієнтом посилення ШПС при обробці або просто посиленням обробки [132]:

$$K_{\text{шпс}} = q^2/\rho^2 = 2B. \quad (2)$$

З (1, 2) видно, що параметр  $q^2$ , що визначає робочі характеристики прийому ШПС, може бути отриманий навіть при енергетиці сигналу і перешкоди  $\rho^2 \ll 1$  шляхом вибору ШПС з необхідною базою  $B$ . Іншими словами, з двох ШСЗ, що мають однакові параметри  $q^2$ , але використовують ШПС з різними базами, наприклад,  $B_1 < B_2$ , друга система зв'язку прийматиме більш слабкий корисний сигнал, ніж перша. ШПС знаходять застосування в сучасних багатоканальних системах зв'язку з кодовим поділом каналів (CDMA, WCDMA) [133], в системах бездротового зв'язку сімейства 802.11 з технологією розширення спектра методом прямої послідовності (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) [134], у сучасних радіолокаційних системах [135]. У ролі спеціальних розширювальних послідовностей в мережах WCDMA можуть бути використані  $M$ -послідовності, послідовності Гоулда, послідовності Баркера, в системах бездротового зв'язку сімейства 802.11 для розширення спектру використовується послідовність Баркера довжини 11, в сучасних радіолокаційних системах використовуються коди Баркера довжини 11 та 13.

З усіх ШПС найкращими кореляційними характеристиками мають, відкриті 1953 року, послідовності Баркера [132, 136]. Величина максимального бічного викиду їхньої автокореляційної функції (АКФ) не перевищує  $1/N$ , де  $N$  - довжина кодової послідовності. Відомих послідовностей Баркера всього 8, максимальна довжина послідовності досягає 13-ти розрядів. Пошук кодових послідовностей довжини  $N > 13$ , у яких величина максимального бічного викиду АКФ не перевищувала б  $1/N$ , є актуальним завданням. Її рішення дозволить збільшити базу цих ШПС та використовувати в системах з розширенням спектра для прийому сигналів із слабкішою енергетикою. У цій роботі аналізуються відомі композитні коди Баркера довжиною більше 13, отримані на основі

канонічних послідовностей Баркера, їх автокореляційні функції та можливість отримання нових композитних кодів з тими самими властивостями АКФ.

**Мета статті.** Метою роботи є знаходження аналітичних виразів для автокореляційної функції (АКФ) композитних кодів Баркера та перевірка відповідності АКФ нових кодових конструкцій композитних кодів Баркера автокореляційним функціям вихідних композитних кодів за допомогою моделювання.

### Виклад основного матеріалу.

#### Композитні коди Баркера

Автокорреляційна функція послідовностей Баркера [136, 137] має властивості скалярного добутку та автокореляційної функції, і тому таку ж АКФ матимуть інверсні, дзеркальні та інверсні дзеркальні послідовності Баркера:

$$R(k) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m c(i)c(i+k) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m c_{\text{инв}}(i)c_{\text{инв}}(i+k) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m c_{\text{зерк}}(i)c_{\text{зерк}}(i+k) \\ = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m c_{\text{инв.зерк}}(i)c_{\text{инв.зерк}}(i+k), \quad (3)$$

де  $c(i)$  – канонічна послідовність Баркера, що знаходиться як:

$c(i) = c_1(i)c_2(i)\dots c_n(i)$ , а  $c_n(i)$  приймають значення  $\pm 1$ ;  $c_{\text{инв}}(i) = (-1)c(i)$ ;  $c_{\text{зерк}}(i) = c_n(i)c_{n-1}(i)\dots c_1(i)$ ;  $c_{\text{инв.зерк}}(i) = (-)c_{\text{зерк}}(i)$ .

З урахуванням (3) можна доповнити канонічні послідовності [132,137] інверсними, дзеркальними та інверсними дзеркальними послідовностями Баркера (табл.1). На рис. 1, як приклад, показані АКФ канонічної, інверсної, дзеркальної та інверсної дзеркальної 13 послідовності Баркера.

Таблица №1. Последовательности Баркера

N	канонічна	інверсна	N	дзеркальна	інверсна дзеркальна
2	+1-1	-1+1			
3	+1+1-1	-1-1+1	3	-1+1+1	+1-1-1
4	+1+1+1-1	-1-1-1+1	4	-1+1+1+1	+1-1-1-1
4	+1+1-1+1	-1-1+1-1	4	+1-1+1+1	-1+1-1-1
5	+1+1+1-1+1	-1-1-1+1-1	5	+1-1+1+1+1	-1+1-1-1-1



7	+1+1+1-1-1+1-1	-1-1-1+1+1-1+1	7	-1+1-1-1+1+1+1	+1-1+1+1-1-1-1
11	+1+1+1-1-1+1-1+1-1- канонічна		11	-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1- інверсна	
	-1+1-1-1+1-1-1+1+1+1- дзеркальна		11	+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1- інверсна	інв.
13	+1+1+1+1+1-1-1+1+1-1+1-1+1- канонічна		13	-1-1-1-1-1+1+1-1-1+1-1+1-1- інверсна	
	+1-1+1-1+1+1-1-1+1+1+1+1+1- дзеркальна		13	-1+1-1+1-1-1+1+1-1-1-1-1- інв. інверсна	

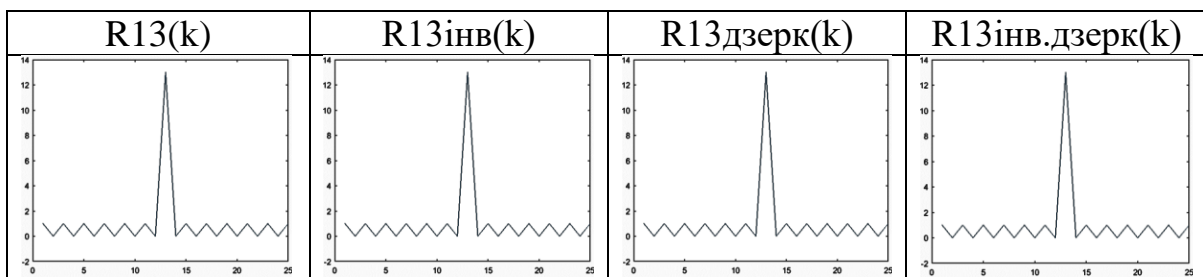


Рис. 1. АКФ для канонічної, інверсної, дзеркальної та інверсної дзеркальної 13-ї послідовності Баркера

У [138] запропоновано метод формування композитних кодів Баркера, що мають кореляційні властивості, подібні до тих, якими володіє код Баркера, а саме: код формується шляхом перемноження двох канонічних послідовностей Баркера. Одна з них (коротка) називається твірною, а друга, довша – елементарною. В результаті перемноження короткої послідовності більш довгу послідовність виходять послідовності понад 13 розрядів. Основний викид АКФ у них дорівнює числу розрядів результуючої послідовності  $N$ , а максимальний бічний викид у позитивну область має значення близькі до 1. В [139] шляхом формування складових кодових послідовностей аналогічно способу, запропонованому в [138], отримані 12 послідовностей з довжиною  $N$ , рівною 14 (14а, 14б), 21 (21а, 21б), 22 (22а, 22б), 33 (33а, 33б), 49, 77 (77а, 77б), 121, і перевищенням головного піку АКФ над позитивними боковими  $N$ . В [140] були запропоновані зворотні композитні коди Баркера, отримані перемноженням довгої послідовності на коротку, досліджено їх завадостійкість, і показана можливість їх використання як синхронізуючі слова в мережах WCDMA. [141]



<i>N</i>	Композитна послідовність Баркера 776 (7x11)
776	+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1 -1+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1 -1+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1 1+1-1-1+1 -1-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1-1-1-1+1+1+1-1+1+1- 1+1+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1 -1-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1
776 інв.	-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1-1-1- 1+1+1+1-1+1+1-1+1+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1 -1+1+1+1-1-1-1+1-1- 1+1 -1-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1 -1
776 дзерк.	+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1-1+1-1-1+1-1-1+1+1+1+1-1+1+1- 1+1+1+1-1-1-1+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1-1+1-1-1+1-1-1- 1+1+1+1-1+1-1-1+1-1-1-1+1+1+1-1+1-1-1+1-1-1-1+1+1
776 ерк.інв.	-1+1-1-1+1-1-1-1+1+1+1+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1-1+1-1-1+1-1- 1-1+1+1+1-1+1-1-1+1-1-1-1+1+1+1+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1+1- 1+1+1-1+1+1+1-1-1-1+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1

На рис. 2 показані АКФ композитних послідовностей Баркера 77а, 776

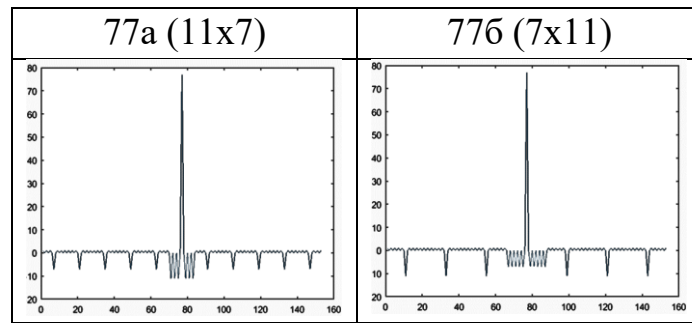


Рис. 2. АКФ композитних послідовностей Баркера 77а, 776, їх інверсних, дзеркальних та інверсних дзеркальних послідовностей

Для кожної основної композитної послідовності Баркера [139] отримані три додаткові композитні послідовності, що мають одну й ту ж АКФ. Кожна з додаткових композитних послідовностей складається з сукупності двох канонічних послідовностей Баркера, кожна з яких у свою чергу має три додаткові послідовності, що мають ту ж АКФ, що і канонічна. З урахуванням того, що отримані композитні послідовності мають одну і ту ж АКФ, можна припустити, що, комбінуючи канонічні послідовності, що їх утворюють, з їх додатковими послідовностями, ми отримаємо не тільки основні варіанти композитних послідовностей, але і нові варіанти з тієї ж АКФ. Число можливих варіантів композитних послідовностей представлено в табл. 3.

Таблиця 3. Кількість варіантів композитних послідовностей

№ <sub>послід.</sub>	14a	14б	21a	21б	22a	22б	33a	33б	49	77a	77б	121
Кільк. варіантів	8	8	16	16	8	8	16	16	16	16	16	16

Для спрощення роботи з послідовностями введемо такі позначення: А - канонічна послідовність Баркера; В – інверсна послідовність; З – дзеркальна послідовність; D – інверсна дзеркальна послідовність. З урахуванням введених позначень, наприклад, для 7-ї канонічної послідовності Баркера можна записати такі послідовності, що мають одну і ту ж АКФ: А7 – [1 1 1 -1 -1 1 -1]; В7 – [-1 -1 -1 1 1 -1 1]; С7 – [-1 1 -1 -1 1 1 1]; D7 – [1 -1 1 1 -1 -1 -1]. Складені на їх основі композитні послідовності легко переводяться в традиційну форму шляхом заміни позначень на кодові послідовності з табл. 1. У таблиці 4 зведені всі можливі поєднання канонічних послідовностей для отримання аналізованих варіантів композитних послідовностей.

Таблиця 4. Комбінації поєднань канонічних послідовностей

№ пос. л.	14a	14б	21a	21б	22a	22б	33a	33б	49	77a	77б	121
	2x7	7x2	7x3	3x7	2x1 1	11x 2	11x 3	3x1 1	7x7	11x 7	7x1 1	11x1 1
Варіанти	A2 xA 7	A7x A2	A7x A3	A3x A7	A2x A11	A11 xA2	A11 xA3	A3x A11	A7x A7	A11 xA7	A7x A11	A11x A11
	A2 xB 7	B7x A2	B7x A3	B3x A7	A2x B11	B11 xA2	B11 xA3	B3x A11	B7x A7	B11 xA7	B7x A11	B11x A11
	A2 xC 7	C7x A2	C7x A3	C3x A7	A2x C11	C11 xA2	C11 xA3	C3x A11	C7x A7	C11 xA7	C7x A11	C11x A11
	A2 xD 7	D7x A2	D7x A3	D3x A7	A2x D11	D11 xA2	D11 xA3	D3x A11	D7x A7	D11 xA7	D7x A11	D11x A11
	B2 xA 7	A7x B2	A7x B3	A3x B7	B2x A11	A11 xB2	A11 xB3	A3x B11	A7x B7	A11 xB7	A7x B11	A11x B11

Продовження табл. 4

B2 xB 7	B7x B2	B7x B3	B3x B7	B2x B11	B11 xB2	B11 xB3	B3x B11	B7x B7	B11 xB7	B7x B11	B11x B11
B2 xC 7	C7x B2	C7x B3	C3x B7	B2x C11	C11 xB2	C11 xB3	C3x B11	C7x B7	C11 xB7	C7x B11	C11x B11
B2 xD 7	D7x B2	D7x B3	D3x B7	B2x C11	D11 xB2	D11 xB3	D3x B11	D7x B7	D11 xB7	D7x B11	D11x B11
		A7x C3	A3x C7			A11 xC3	A3x C11	A7x C7	A11 xC7	A7x C11	A11x C11
		B7x C3	B3x C7			B11 xC3	B3x C11	B7x C7	B11 xC7	B7x C11	B11x C11
		C7x C3	C3x C7			C11 xC3	C3x C11	C7x C7	C11 xC7	C7x C11	C11x C11
		D7x C3	D3x C7			D11 xC3	D3x C11	D7x C7	D11 xC7	D7x C11	D11x C11
		A7x D3	A3x D7			A11 xD3	A3x D11	A7x D7	A11 xD7	A7x D11	A11x D11
		B7x D3	B3x D7			B11 xD3	B3x D11	B7x D7	B11 xD7	B7x D11	B11x D11
		C7x D3	C3x D7			C11 xD3	C3x D11	C7x D7	C11 xD7	C7x D11	C11x D11
		D7x D3	D3x D7			D11 xD3	D3x D11	D7x D7	D11 xD7	D7x D11	D11x D11

### Аналіз варіантів композитних послідовностей Баркера

Складемо композитні послідовності кодів Баркера, згідно з табл.4, наприклад, для варіанту 776 (табл. 5).

Таблиця 5. Композитні послідовності 776 (7x11)

№ п/п	Варіант	Результуюча композитна послідовність
1.	A7 x A11	A11 A11 A11 B11 B11 A11 B11
2.	B7 x A11	B11 B11 B11 A11 A11 B11 A11
3.	C7 x A11	B11 A11 B11 B11 A11 A11 A11
4.	D7 x A11	A11 B11 A11 A11 B11 B11 B11
5.	A7 x B11	B11 B11 B11 A11 A11 B11 A11
6.	B7 x B11	A11 A11 A11 B11 B11 A11 B11
7.	C7 x B11	A11 B11 A11 A11 B11 B11 B11
8.	D7 x B11	B11 A11 B11 B11 A11 A11 A11
9.	A7 x C11	C11 C11 C11 D11 D11 C11 D11
10.	B7 x C11	D11 D11 D11 C11 C11 D11 C11
11.	C7 x C11	D11 C11 D11 D11 C11 C11 C11
12.	D7 x C11	C11 D11 C11 C11 D11 D11 D11
13.	A7 x D11	D11 D11 D11 C11 C11 D11 C11
14.	B7 x D11	C11 C11 C11 D11 D11 C11 D11
15.	C7 x D11	C11 D11 C11 C11 D11 D11 D11
16.	D7 x D11	D11 C11 D11 D11 C11 C11 C11

Моделювання в середовищі MatLab показало, що всі 16 варіантів композитних послідовностей табл. 5 мають одну і ту ж АКФ, що і основні чотири послідовності 776 з табл. 2. З табл. 5 також видно, що певні композитні послідовності збігаються. Зведемо разом послідовності, що співпадають, і відмітимо основні чотири послідовності 776 (табл.6).

Таблиця 6. Аналіз композитних послідовностей 776

№ п/ п	Варіан т	Результуюча композитна послідовність	Поєднання послідовностей утворюючих
1	A7 x A11 B7 x B11	A11 A11 A11 B11 B11 A11 B11	канонічна 1x канонічна 2 (776) інверсна 1 x інверсна 2
2.	B7 x A11 A7 x B11	B11 B11 B11 A11 A11 B11 A11	інверсна 1 x канонічна 2 (776 інв.) канонічна 1 x інверсна 2
3.	C7 x A11 D7 x B11	B11 A11 B11 B11 A11 A11 A11	дзеркальна 1 x канонічна 2 інверсна дзеркальна 1 x інверсна 2
4.	D7 x A11 C7 x B 11	A11 B11 A11 A11 B11 B11 B11	інверсна дзеркальна 1 x канонічна 2 дзеркальна 1 x інверсна 2
5.	A7 x B11 B7 x A11	B11 B11 B11 A11 A11 B11 A11	канонічна 1 x інверсна 2 інверсна 1 x канонічна 2
6.	B7 x B11 A7 x A11	A11 A11 A11 B11 B11 A11 B11	інверсна 1 x інверсна 2 канонічна 1 x канонічна 2
7.	C7 x B11 D7 x A11	A11 B11 A11 A11 B11 B11 B11	дзеркальна 1 x інверсна 2 інверсна дзеркальна 1 x канонічна 2
8.	D7 x B11 C7 x A11	B11 A11 B11 B11 A11 A11 A11	інверсна дзеркальна 1 x інверсна 2 дзеркальна 1 x канонічна 2
9.	A7 x C11 B7 x D11	C11 C11 C11 D11 D11 C11 D11	канонічна 1 x дзеркальна 2 інверсна 1 x інверсна дзеркальна 2
10.	B7 x C11 A7 x D11	D11 D11 D11 C11 C11 D11 C11	інверсна 1 x дзеркальна 2 канонічна 1 x інверсна дзеркальна 2
11.	C7 x C11 D7 x D11	D11 C11 D11 D11 C11 C11 C11	дзеркальна 1 x дзеркальна 2 (776 дзерк.) інверсна дзеркальна 1 x інверсна дзеркальна 2
12.	D7 x C11 C7 x D11	C11 D11 C11 C11 D11 D11 D11	інверсна дзеркальна 1 x дзеркальна 2 (776 інв.дзерк) дзеркальна 1 x інверсна дзеркальна 2

13	A7 x D11 B7 x C11	D11 D11 D11 C11 C11 D11 C11	канонічна 1 x інверсна дзеркальна 2 інверсна 1 x дзеркальна 2
14.	B7 x D11 A7 x C11	C11 C11 C11 D11 D11 C11 D11	нверсна 1 x інверсна дзеркальна 2 канонічна 1 x дзеркальна 2
15.	C7 x D11 D7 x C11	C11 D11 C11 C11 D11 D11 D11	дзеркальна 1 x інверсна дзеркальна 2 інверсна дзеркальна 1 x дзеркальна 2
16.	D7 x D11 C7 x C11	D11 C11 D11 D11 C11 C11 C11	інверсна дзеркальна 1 – інверсна дзеркальна 2 дзеркальна 1 x дзеркальна 2

Аналіз табл. 6 показує, що є 16 пар поєднань основних послідовностей Баркера. Кожна пара утворює однакову результуючу композитну послідовність. Відмінною особливістю кожної пари поєднань основних послідовностей є та, що якщо в одній є будь-які поєднання основних послідовностей, то в іншій мають бути інверсні поєднання цих послідовностей. Наприклад, якщо перше поєднання A7 x A11 (канонічна 1 x канонічна 2), то друге поєднання, що дає ту ж композитну послідовність, буде B7 x B11 (інверсна 1 x інверсна 2). Виключимо пари поєднань A7 x A11 – B7 x B11, B7 x A11 – A7 x B11, C7 x C11 – D7 x D11, D7 x C11 – C7 x D11, C7 x C11 – D7 x D11, D7 x C11 – C7 x D11, C7 x D11 – D7 x C11, D7 x D11 – C7 x C11, які дають основні композитні послідовності 776, 776 інв., 776 дзерк., 776 інв.дзерк. З 8 пар, що залишилися, виключивши повторювані, отримаємо 4 пари поєднань, які є новими (табл. 7).



Таблиця 7. Нові композитні послідовності Баркера 77б

№ п/п	Варіант	Кодові конструкції нових композитних послідовностей
1.	C7 x A11 D7 x B11	-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1-1-1-1-1- 1+1+1+1-1+1+1-1+1-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1+1+1+1-1-1- 1+1-1-1+1-1+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1-1+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1-1
2.	C7 x B11 D7 x A11	+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1-1-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1+1+1+1-1- 1-1+1-1-1+1-1+1+1+1-1-1-1+1-1-1+1-1-1-1-1+1+1+1-1+1+1- 1+1-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1-1-1-1+1+1+1-1+1+1-1+1
3.	A7 x C11 B7 x D11	-1+1-1-1+1-1-1-1+1+1+1-1+1-1-1+1-1-1-1+1+1+1-1+1-1-1+1- 1-1-1+1+1+1+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1- 1-1+1-1-1+1-1-1-1+1+1+1 +1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1
4.	A7 x D11 B7 x C11	+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1+1-1+1+1- 1+1+1+1-1-1-1-1+1-1-1+1-1-1-1+1+1+1-1+1-1-1+1-1-1- 1+1+1+1+1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1 -1+1-1-1+1-1-1-1+1+1+1

### Виграш у коефіцієнті посилення ШПС

Розглянуті композитні послідовності 72б мають велику довжину а, отже, і більшу базу ШПС сигналу, ніж бази ШПС сигналів, що використовують канонічні послідовності 7 і 11, з яких вони отримані. Так, якщо як приклад взяти швидкість передачі інформаційної послідовності 1 Мбіт/с, то швидкість проходження окремих чіпів 11 послідовності Баркера складе  $11 \times 10^6$  чіп/с, ширина спектра такого сигналу складе 22 МГц, база дорівнюватиме  $B = 22$  (13,42 дБ), а коефіцієнт посилення ШПС при обробці складе 44 (16,43 дБ). Якщо ж за послідовність що розширює, взяти розглянуту послідовність 72б, то швидкість слідування її окремих чіпів складе  $77 \times 10^6$  чіп/с, ширина спектра - 154 МГц, база  $B = 154$  (21,87 дБ), а коефіцієнт посилення ШПС при обробці складе 308 (24,89 дБ). Таким чином, виграш від застосування чіпів 77б замість чіпів 11 становитиме  $24,89 - 16,43 = 8,45$  дБ. У табл. 8 наведено виграш у коефіцієнті посилення ШПС при обробці композитних кодів Баркера порівняно з максимальним канонічним кодом Баркера, що використовується у відповідному композитному коді при однаковій швидкості передачі інформації 1 МГц.

Таблиця 8. Виграш у коефіцієнті посилення ШПС під час обробки

Канонічні та композитні коди Баркера	Кшпс канонічного коду Баркера (дБ)	Кшпс композитного коду Баркера (дБ)	Виграш від застосування композитних кодів (дБ)
7	14,47	14,47	-
11	16,43	16,43	-
14 (2x7; 7x2)	14,47	17,48	3,01
21 (3x7; 7x3)	14,47	19,24	4,77
22 (2x11; 11x2)	16,43	19,44	3,01
33 (3x11; 11x3)	16,43	21,21	4,77
49 (7x7)	14,47	22,92	8,45
77 (7x11; 11x7)	16,43	24,89	8,45
121 (11x11)	16,43	26,85	10,41

#### Висновки

1. Автокореляційні функції композитних кодів Баркера, як і автокореляційна функція послідовностей Баркера, з яких вони складені, мають властивості скалярного добутку та автокореляційної функції, що дозволило збільшити кількість відомих композитних послідовностей з 12 до 48.

2. Для кожної з розглянутих 12 композитних послідовностей є від 8 до 16 варіантів побудови, які включають не тільки основні, але і нові послідовності.

3. Аналіз 16-ти варіантів для композитної послідовності 726 дозволив знайти закономірність у побудові пар поєднань кодових конструкцій, що мають однакову АКФ, а також 4 пари поєднань, які є новими.

4. Застосування композитних кодів Баркера дає виграш у коефіцієнті посилення ШПС при обробці, який залежить від швидкості передачі інформаційної послідовності. Для розглянутих композитних послідовностей він може становити від 3,01 дБ до 10,41 дБ за швидкості передачі 1 МГц.

5. Методика пошуку нових кодових конструкцій з однаковою автокореляційною функцією для композитної послідовності 726 може бути використана для пошуку нових поєднань кодових конструкцій для інших

композитних послідовностей Баркера. Це, у свою чергу, дозволить знаходити оптимальні взаємкореляційні функції з ансамблю пар нових кодових послідовностей, сформованих за описаною вище методикою для збільшення кількості абонентів та їх кодового поділу при роботі в загальній смузі частот.

## SECTION 5. TRANSPORT

DOI: 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3.5.1

### 5.1 Дослідження закономірностей змін параметрів експлуатації засобів транспорту в системі міжміських пасажирських перевезень

#### 5.1.1 Визначення етапів розрахунку параметрів експлуатації засобів транспорту систем міжміських пасажирських перевезень

Використовуючи запропоновані підходи до розрахунку базових показників ефективності функціонування міжміських пасажирських перевезень дозволяють сформулювати основні етапи пороведення розрахунків для визначення параметрів:

I етап – розподілу обсягів перевезень пасажирів між автомобільною та залізничною маршрутними системами;

II етап – матриць найкоротших відстаней у мережах;

III етап – матриць пасажирських транспортних кореспонденцій між вузлами мереж;

IV етап – базових показників функціонування маршрутних мереж, а саме: кількості пересувань в мережі –  $P$ , (од); обсягів перевезень –  $Q$ , (пас.); коефіцієнту пересаджуваності –  $k_{\text{пер}}$ ; транспортної роботи –  $W$ , (пас./км.); середньої дальності маршрутної їздки –  $l_{\text{сер.м.}}$ , (км.); середню дальність мережної їздки –  $l_{\text{сер.мер.}}$ , (км.); коефіцієнту середньосистемного використання пасажироміскості; потрібної кількості автобусів/вагонів –  $A$ , (од.).

У виконаній роботі введено поняття коефіцієнту середньосистемного використання пасажироміскості ( $k_{\text{сал.мер.}}$ ), вважається, що це – середнє значення використання пасажироміскості транспортних засобів на всіх маршрутах автомобільної або залізничної мережі. Запропоновано розраховувати визначений коефіцієнт за наступною залежністю (1).

$$k_{\text{сал.мер.}} = \sum_n^1 \frac{\gamma_c}{n}, \quad (1)$$

де

$\gamma_c$  статичний коефіцієнт заповнення салону;

$n$  – кількість маршрутів в маршрутній мережі.

В роботі визначено необхідність керування процесом перевезень за для додержання меж ефективності процесу, для проведення розрахунків відповідних параметрів розроблено програмний продукт в середовищі Borland C++.

### 5.1.2 Формування масиву вхідних даних

Для проведення відповідних розрахунків у розробленому програмному продукті було сформовано наступні масиви значень вхідних даних, а саме:

- мережі автомобільної/залізничної (вузли, дуги), [Додаток Б];
- існуючих маршрутів автомобільних/залізничних (вузли, дуги, номер, швидкість сполучення);
- автобусу/вагону (загальна пасажироміскість);
- кількості пасажирів, які прибувають та виїжджають з вузла.

За результатами застосування розробленого програмного продукту отримано можливість в одержанні наступних розрахунків, а саме:

- розподілу пасажиропотоку між вузлами автомобільної маршрутної мережі по існуючих у мережі маршрутах (тис. пас. доб.);
- розподілу пасажиропотоку між вузлами залізничної маршрутної мережі по існуючих у мережі маршрутах (тис. пас. доб.);
- матриці кореспонденції між вузлами автомобільної мережі (тис. пас. доб.);

- матриці кореспонденції між вузлами залізничної мережі (тис. пас. доб.);
- базових характеристик функціонування маршрутів автомобільної мережі;
- базових характеристик функціонування маршрутів залізничної мережі.

На рис. 5.2 наведено зображення відповідного програмного продукту для розрахунку кількісних характеристик базових показників ефективності експлуатації засобів транспорту при пасажирських перевезеннях із наступним розподілом пасажиропотоків: 15% – автомобільна маршрутна мережа та 85% – залізнична.

### **5.1.3 Визначення закономірностей змін функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів від характеристик засобів транспорту**

Відповідно до розглянутого в роботі, між пасажирськими маршрутними мережами відбувається процес перерозподілу пасажирських кореспонденцій. Визначено, що на кількісні показники даного перерозподілу (вибір пасажиром мережі) впливає комплекс характеристик альтернативних маршрутних мереж. Можна припустити, що із перерозподілом пасажирських транспортних кореспонденцій відбуваються коливання фактичних значень кількісних показників базових показників функціонування самих маршрутних мереж. Для визначення закономірностей змін визначених параметрів від перерозподілу пасажирських транспортних кореспонденцій між мережами проведено відповідні розрахунки для набору варіантів визначеного перерозподілу пасажиропотоків між автомобільною та залізничною мережами.

За результатами проведення розрахунків отримано базові показники функціонування мереж для набору розподілу пасажиропотоків. Результати розрахунків зведено у табл. 1 та 2.

**Базові показники функціонування автомобільної маршрутної мережі при  
обслуговуванні 15% – 40% загального пасажиропотоку – *FP***

Базовий показник функціонування	Значення функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів на автомобільному виді транспорту ( <i>FP</i> )					
	15	20	25	30	35	40
1	2	3	4	5	6	7
Кількість пересувань – $P_{авт}$ , тис.од.	6084	8098	10102	13045	14002	16098
Обсяг перевезень – $Q_{авт}$ , тис. пас.	7011	9395	11854	14256	16357	18745
Коефіцієнт пересаджуваності – кпер.	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Тр-на робота – $W_{авт}$ , тис.пас./км.	2770	3692	4616	5538	6462	7385
Середня дальність марш. їздки – $l_{сер.м.авт.}$ , км.	415,06	415,03	415,05	415,02	415,05	415,03
Сер. дальність мережної їздки – $l_{сер.мер.авт.}$ , км.	458,08	458,06	458,07	458,02	458,05	458,05
Потрібна кількість автобусів – $A_{авт,q=40}$	183	220	256	294	327	364

**Базові показники функціонування залізничної маршрутної мережі при обслуговуванні 85%, 80%, 75%, 70%, 65% та 60% загального пасажиропотоку –  $FP$ .**

Базовий показник функціонування	Значення функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів на залізничному виді транспорту ( $FP$ )					
	85	80	75	70	65	60
1	2	3	4	5	6	7
Кількість пересувань – $P_{зал.}$ , тис.од.	34548	33145	30426	28642	25984	25478
Обсяг перевезень – $Q_{зал.}$ , тис. пас.	41803	40105	36815	34657	31441	30828
Коефіцієнт пересаджуваності – $k_{пер.}$	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
Т р-на робота – $W_{зал.}$ , тис.пас./км.	19526	18378	17230	16082	14931	13783
Середні дальність марш. їздки – $l_{сер.м.зал.}$ , км.	526,72	526,75	526,74	526,77	526,75	526,75
Середня дальність мережної їздки – $l_{сер.мер. зал.}$ , км.	569	569	569	569	569	569
Середньосистемний коеф. використання пасажиромісткості – $k_{сал.мер.зал.}$	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37
Потрібна кількість вагонів – $A_{ваг.,q=40}$	900	845	801	747	702	653

Проведені розрахунки для визначення впливу значення функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів на автомобільному та залізничному видах транспорту на базові показники функціонування, а саме: кількості пересувань пасажирів; обсягу перевезень; коефіцієнту пересаджуваності; транспортної роботи; середньої дальності маршрутної їздки, середньої дальності мережної їздки; середньосистемного коефіцієнту використання



пасажиромісткості та потрібної кількості транспортних засобів. Визначені зв'язки між згаданими показниками зведено у табл. 3.

Таблиця 3

**Статистичні показники впливу значення функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів на автомобільному та залізничному видах транспорту на базові показники ефективності експлуатації засобів транспорту.**

	Mean	t-value	df	df	p
$FP_{AVS. P_{авт}}$	11238,17	-7,224	10	5,000061	0,000792
$FP_{AVS. P_{авт}}$	11238,17	-7,224	10	5,000061	0,000792
$FP_{AVS. Q_{авт}}$	12936,33	-7,216	10	5,000046	0,000797
$FP_{AVS. k_{пер}}$	1,17	6,895	10	5,000000	0,000983
$FP_{AVS. W_{авт}}$	5090,33	-7,029	10	5,000281	0,000899
$FP_{AVS. l_{сер.м.авт}}$	415,04	-101,482	10	5,000027	0,000000
$FP_{AVS. l_{сер.мер.авт}}$	458,06	-112,745	10	5,000049	0,000000
$FP_{AVS. k_{сал.мер.авт}}$	0,29	7,126	10	5,000098	0,000845
$FP_{AVS. A_{авт}}$	273,50	-9,363	10	5,215699	0,000186
$FP_{зал. VS. P_{зал}}$	72,50000	-19,588	10	5,000064	0,000006
$FP_{зал. VS. Q_{зал}}$	72,50000	-19,596	10	5,000044	0,000006
$FP_{зал. VS. k_{зал}}$	72,50000	18,668	10	5,000000	0,000008
$FP_{зал. VS. W_{зал}}$	72,50000	-19,902	10	5,000213	0,000006
$FP_{зал. VS. l_{сер.м.зал}}$	72,50000	-118,950	10	5,000030	0,000000
$FP_{зал. VS. l_{сер.мер.зал}}$	72,50000	-130,255	10	5,000025	0,000000
$FP_{зал. VS. k_{сал.мер.зал}}$	72,50000	18,887	10	5,000003	0,000008
$FP_{зал. VS. A_{ваг}}$	72,50000	-17,580	10	5,090333	0,000009

Згідно із отриманими результатами розрахунків у програмному продукті Statistica визначено значення t-критерію Стьюдента (t-value), що дозволяє стверджувати про наявність статистичного зв'язку між наведеними параметрами.

За отриманими результатами проведених розрахунків із використанням кількісних значень базових показників функціонування мереж для розподілу  $FP$  між автомобільною та залізничною мережами отримано можливість побудови графіків змін визначених параметрів.

Для побудови відповідних графіків розподілу розрахованих значень параметрів функціонування маршрутних мереж від зміни функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів використано відповідне програмне забезпечення, а саме – Statistica. За результатами проведеної роботи було отримано відповідні графіки розподілу наступних показників функціонування пасажирських маршрутних мереж, а саме: кількості пересувань пасажирів, обсягу перевезень, коефіцієнту пересаджуваності, транспортної роботи, середньої дальності маршрутної їздки, середньої дальності мережної їздки, середньосистемного коефіцієнту використання пасажиромісткості та потрібної кількості транспортних засобів.

Побудуємо функцію відгуку для  $P_{\text{авт}}$  – кількості пересувань маршрутами автомобільної мережі від зміни значення функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів на автомобільному виді транспорту:

$$P_{\text{авт}} = 124,2381 + 404,1429 \cdot FP_A, \quad (1)$$

де  $P_{\text{авт}}$  – кількість пересувань автомобільними маршрутами, пас.;

$FP_A$  – значення функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів на автомобільному виді транспорту.

На рис. 1 зображено графік зміни кількості пересувань у автомобільній маршрутній мережі при зміні розподілу  $FP_A$  між маршрутними мережами різних видів транспорту.

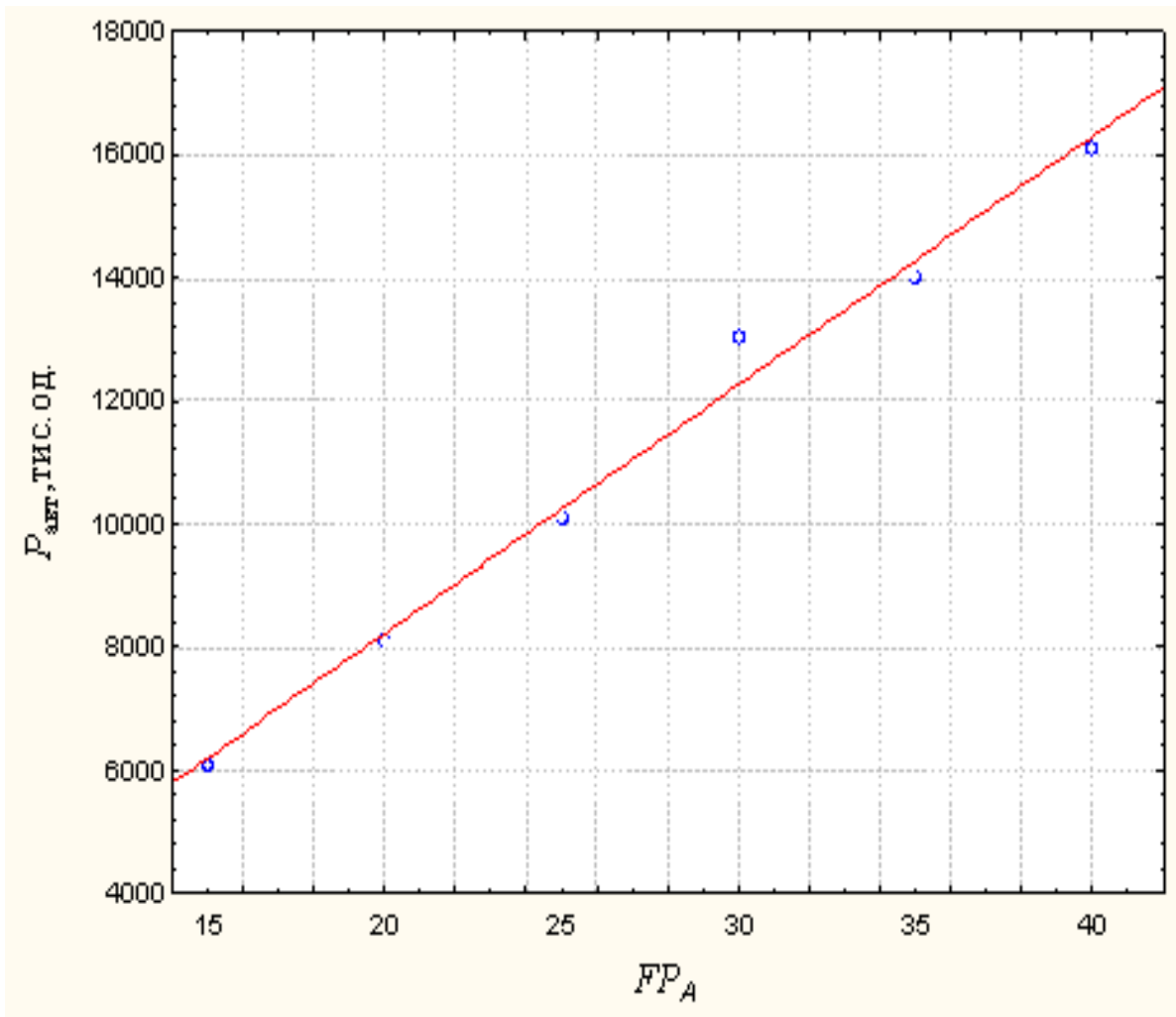


Рис. 1. Графік зміни кількості пересувань у автомобільній маршрутній мережі при зміні розподілу  $FP_A$  між автомобільною та залізничною маршрутними мережами.

Проведемо розрахунки за залежністю (1) й порівняємо отримані результати із значеннями  $P_{авт}$  отриманими за результатом комп'ютерного моделювання, проведеного у запропонованому для відповідних розрахунків програмному продукті. Результати розрахунків зведено у табл. 4.

**Результати розрахунку  $P_{авт}$  – кількості пересувань автомобільними маршрутами за залежністю (5.1).**

Значення $P_{авт}$ за результатом комп'ютерного моделювання, тис.од.	Значення $P_{авт}$ за результатом розрахунку за залежністю 5.1, тис.од	$ \Delta P_{авт} \% $
6084	6186	1,68%
8098	8207	1,35%
10102	10228	1,25%
13045	12249	6,11%
14002	14269	1,91%
16098	16290	1,19%
	Разом:	2,25%

За результатами проведення статистичного аналізу й порівняння отриманих результатів значень  $P_{авт}$  за результатом комп'ютерного моделювання й розрахунку за визначеною залежністю (1) можна стверджувати про наявність зв'язку між цими значеннями та достовірності використаної залежності. Відповідно до отриманих результатів можна стверджувати, що розрахунок  $P_{авт}$  – кількості пересувань автомобільними маршрутами відповідно до запропонованої залежності (1) можливе із визначеним відхиленням, яке дорівнює 2,25%.

Відповідно до результатів розрахунків базових показників функціонування залізничної маршрутної мережі при обслуговуванні 85%, 80%, 75%, 70%, 65% та 60% загального пасажиропотоку –  $FP$  (табл. 2) та статистичних показників впливу значення функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів на автомобільному та залізничному видах транспорту на базові показники функціонування систем міжміських маршрутних перевезень (табл. 3) отримано можливість у побудові графіку зміни  $P_{зал.}$  – кількості пересувань залізничними маршрутами при зміні розподілу  $FP_{зал.}$  між автомобільною та залізничною маршрутними мережами та встановленні функції відгуку  $P_{зал.}$  від  $FP_{зал.}$ . На рис. 2 зображено відповідний графік.

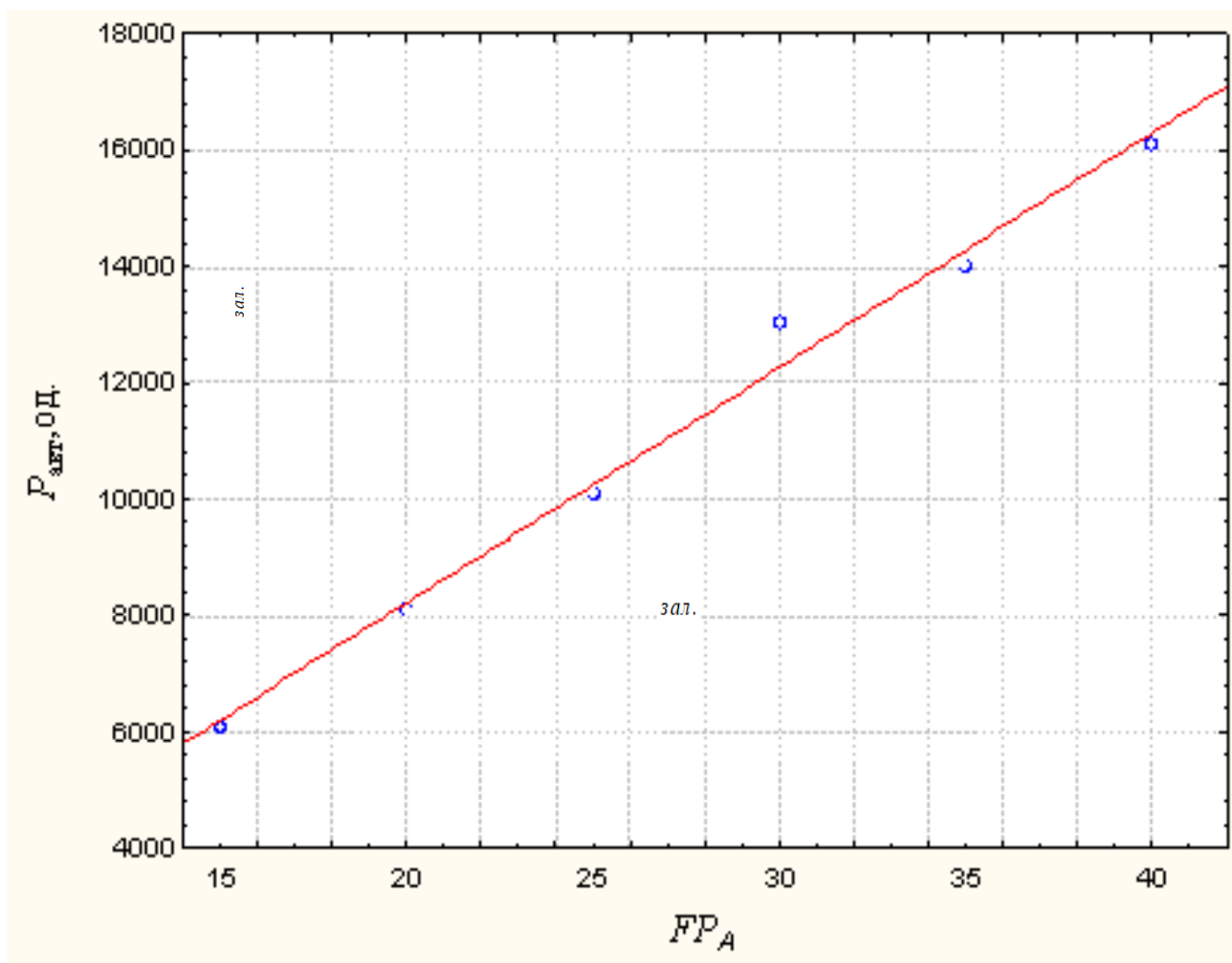


Рис. 2 Графік зміни  $P_{зал}$ . – кількості пересувань залізничною мережею при зміні розподілу  $FP_{зал}$  між автомобільною та залізничною маршрутними мережами.

$$P_{зал, жод} = 1276,7905 + 392,0971 \cdot FP_{зал, жод}, \quad (2)$$

Проведемо розрахунки за залежністю (2) й порівняємо отримані результати із значеннями  $P_{зал}$ . отриманими за результатом комп'ютерного моделювання. Результати розрахунків зведено у табл. 5.

**Результати розрахунку кількості пересувань автомобільними маршрутами за залежністю (2)**

Значення $P_{зал}$ за результатом комп'ютерного моделювання, тис.од	Значення $P_{зал}$ за результатом розрахунку за залежністю 5.2, тис.од	$ \Delta P_{зал} \% $
34548	34605	0,17%
33145	32645	1,51%
30426	30684	0,85%
28642	28724	0,28%
25984	26763	3,00%
25478	24803	2,65%
	Разом:	1,41%

Відповідно до отриманих результатів розрахунків значення  $P_{зал}$  – кількості пересувань залізничною мережею за залежністю (2) встановлено, що такі розрахунки мають середнє відхилення від базових показників 1,41%.

Побудовано графік змін кількості перевезених пасажирів на автомобільній маршрутній мережі ( $Q_{авт}$ ) від зміни частки пасажирів, яка пересувається мережею автомобільних маршрутів ( $FP_A$ ), рис. 5.

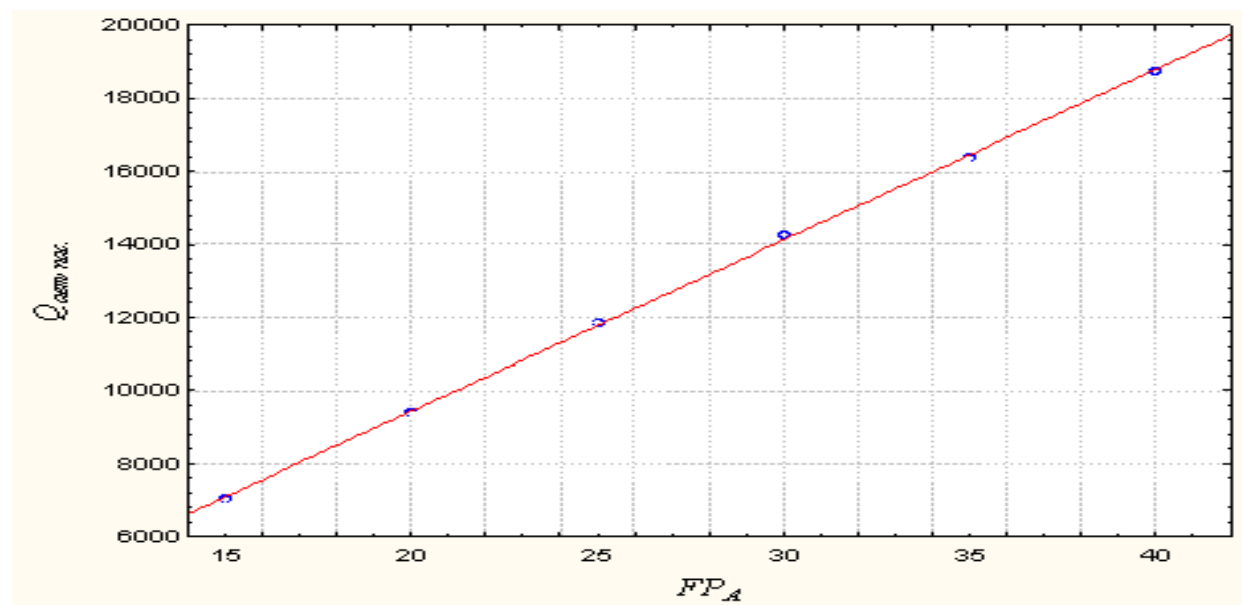


Рис. 5. Графік зміни кількості перевезених пасажирів на автомобільній маршрутній мережі від зміни розподілу  $FP_A$  між маршрутними мережами.

Визначена функція залежності  $Q_{авт}$  від  $FP_A$ , має вигляд наведений у рівнянні (3):

$$Q_{авт} = 57,219 + 468,3314 \cdot FP_{авт}, \quad (3)$$

Проведемо розрахунки за залежністю (4) й порівняємо отримані результати розрахунків  $Q_{авт}$  із значеннями  $Q_{авт}$  отриманими за результатом комп'ютерного моделювання для визначення відповідного відхилення у кількісних значеннях даного показника. Результати розрахунків зведено у табл. 6.

Таблиця 6

**Результати розрахунку кількості пересувань автомобільними маршрутами за залежністю (3)**

Значення $Q_{авт}$ за результатом комп'ютерного моделювання, пас.	Значення $Q_{авт}$ за результатом розрахунку за залежністю 5.3, пас.	$ \Delta Q_{авт} \% $
7011	7082	1,02%
9395	9424	0,31%
11854	11766	0,75%
14256	14107	1,04%
16357	16449	0,56%
18745	18790	0,24%
	Разом:	0,65%

Відповідно до наведених результатів визначено можливість стверджувати про використання залежності (3) для розрахунків кількості перевезених

пасажирів на автомобільній маршрутній мережі  $Q_{авт}$  при зміні  $FP_A$ . із точністю 0,65%.

За результатами проведення статистичного аналізу й порівняння отриманих результатів значень  $Q_{авт}$  за результатом комп'ютерного моделювання й розрахунку за визначеною залежністю (3) можна стверджувати про наявність зв'язку між цими значеннями та достовірність визначеної залежності.

Аналогічно до графіку наведеного на рис. 3. побудуємо графік змін кількості перевезених пасажирів на залізничній маршрутній мережі, рис. 4.

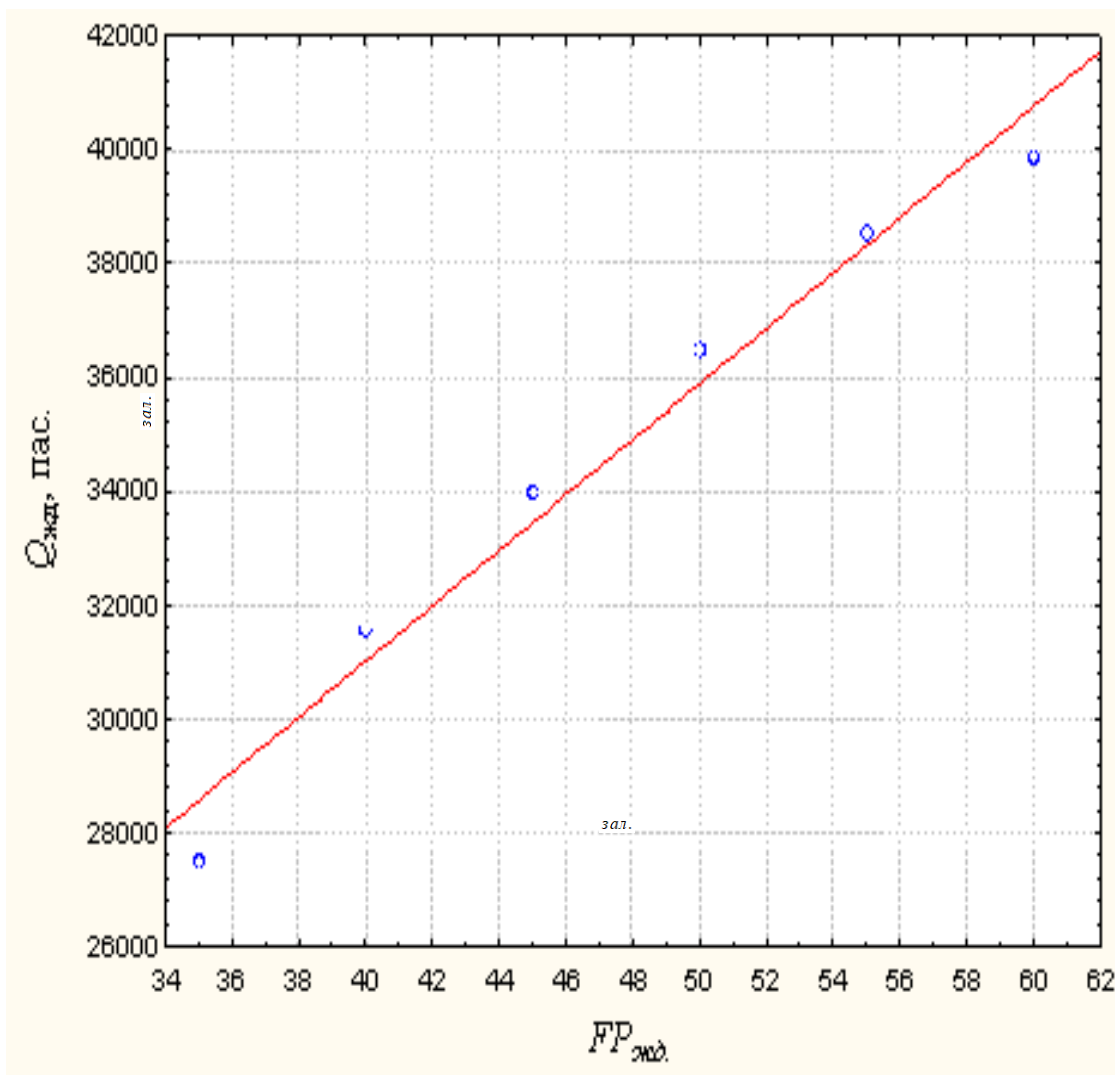


Рис. 4. Графік зміни кількості перевезених пасажирів на залізничній маршрутній мережі –  $Q_{зал}$  від зміни розподілу потоку між маршрутними мережами –  $FP_{зал}$ .



Визначено функцію розрахунку кількості перевезених пасажирів на залізничній маршрутній мережі, яка має наступний вигляд (4):

$$Q_{\text{зал.}} = 1544,9165 + 474,4375 \cdot FP_{\text{зал.}}, \quad (4)$$

Проведемо розрахунки за залежністю (4) й порівняємо отримані результати із результатом комп'ютерного моделювання. Результати розрахунків зведено у табл. 7.

Таблиця .7

**Результати розрахунку кількості пересувань автомобільними маршрутами за залежністю (4)**

Значення $Q_{\text{зал.}}$ за результатом комп'ютерного моделювання, пас.	Значення $Q_{\text{жд}}$ за результатом розрахунку за залежністю 5.4, пас.	$ \Delta Q_{\text{зал.}} \%$
41803	41872	0,17%
40105	39500	1,51%
36815	37128	0,85%
34657	34756	0,28%
31441	32383	3,00%
30828	30011	2,65%
	Разом:	1,41%

Відповідно до отриманих результатів визначено можливість розрахунків кількості перевезених пасажирів на залізничній маршрутній мережі відповідно до запропонованої залежності (4) із визначеним середнім відхиленням у 1,41%.

Відповідно до результатів розрахунків базових показників функціонування залізничної маршрутної мережі при обслуговуванні 85%, 80%, 75%, 70%, 65% та 60% загального пасажиропотоку –  $FP$  (табл. 2) та статистичних показників впливу значення функції перерозподілу обсягів перевезень пасажирів між видами транспорту на базові показники функціонування систем міжміських маршрутних перевезень (табл. 5.3) отримано можливість у побудові графіку зміни

коефіцієнту пересаджуваності на маршрутах автомобільного транспорту  $k_{\text{пер.авт.}}$  при зміні розподілу потоку між маршрутними мережами  $FP_A$ .

Побудуємо графік зміни коефіцієнту пересаджуваності на маршрутах автомобільного транспорту  $k_{\text{пер.авт.}}$  при  $FP_A$ , (рис. 7).

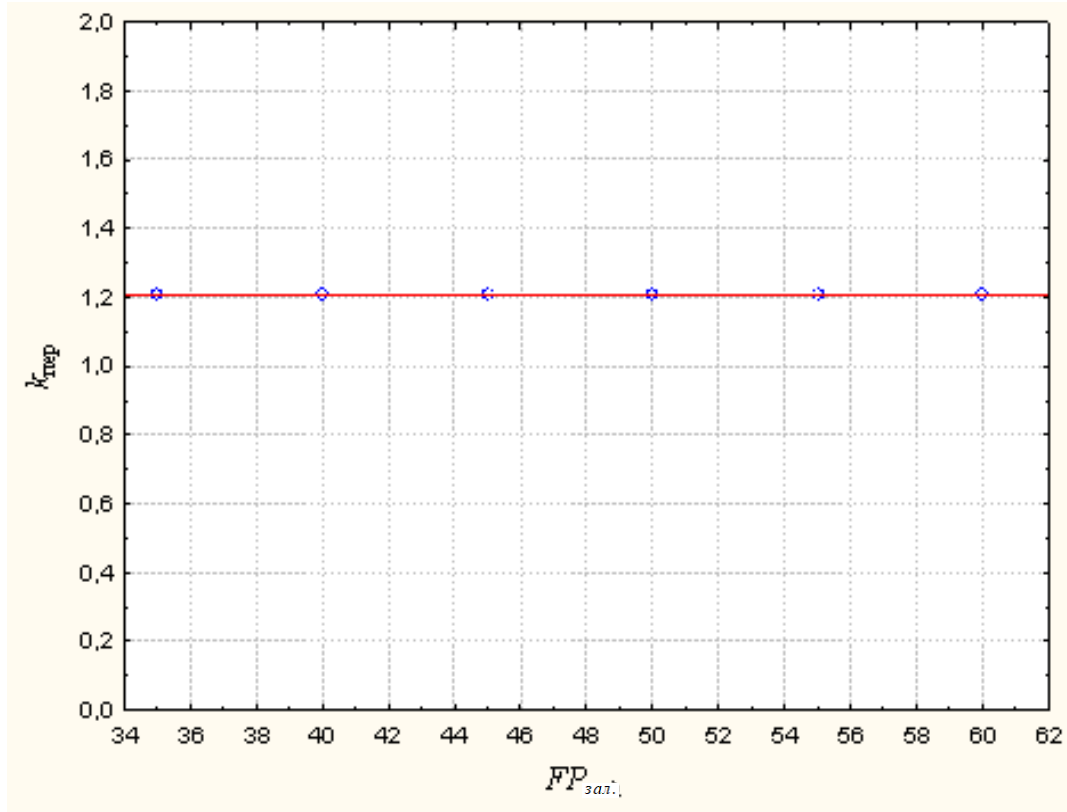


Рис. 5. Графік зміни коефіцієнту пересаджуваності на маршрутах автомобільного транспорту  $k_{\text{пер.авт.}}$  при зміні розподілу потоку між маршрутними мережами  $FP_A$  із функцією для розрахунку  $k_{\text{пер.авт.}}$ .

Визначено функцію розрахунку кількості перевезених пасажирів на залізничній маршрутній мережі, яка має наступний вигляд (5):

$$k_{\text{пер.авт.}} = 1,17 + 0 \cdot FP_A, \quad (5)$$

Отриманими результатами графічного й математичного моделювання встановлено, що при зміні розподілу потоку між маршрутними мережами  $k_{\text{пер.авт.}}$  кількісно не змінюється, з чого можна зробити висновок про відсутність впливу  $FP_A$  на  $k_{\text{пер.авт.}}$  (5).

Визначена функція розрахунку кількості перевезених пасажирів на залізничній маршрутній мережі, має наступний вигляд (6):

$$k_{\text{зал.пер.жд}} = 1,21 + 0 \cdot FP_{\text{зал.жд}}, \quad (6)$$

Отриманими результатами встановлено, що  $k_{\text{пер.зал.}}$  при зміні розподілу потоку між маршрутними мережами  $FP_{\text{зал}}$  кількісно не змінюється, з чого можна зробити висновок про відсутність впливу  $FP_{\text{зал}}$  на  $k_{\text{пер.зал.}}$ .

Визначено функцію розрахунку транспортної роботи на автомобільному транспорті:

$$W_{\text{авт.тис.пас.км}} = -94,1238 + 188,5257 \cdot FP_A, \quad (7)$$

Проведемо розрахунки за залежністю (5.7) й порівняємо отримані результати із фактичними даними. Результати розрахунків зведено у табл.8.

Таблиця .8

**Результати розрахунку транспортної роботи на автомобільному транспорті за залежністю (7)**

Значення $W_{\text{авт.}}$ за результатом комп'ютерного моделювання, тис.пас./км.	Значення $W_{\text{авт.}}$ за результатом розрахунку за залежністю 5.7, тис.пас./км.	$ \Delta W_{\text{авт.}} \text{ \%} $
2770	2733,7617	1,31%
3692,89	3676,3902	0,45%
4616,47	4619,0187	0,06%
5538,89	5561,6472	0,41%
6462,13	6504,2757	0,65%
7385,65	7446,9042	0,83%
	Разом:	0,62%

Отриманими результатами розрахунків різниці між  $W_{\text{авт.тис.пас.км}}$  та  $\hat{W}_{\text{авт.тис.пас.км}}$ , доведено, що зміна кількісного значення розподілу потоку між маршрутними мережами впливає на кількісне значення транспортної роботи автомобільної маршрутної мережі, яке можна описати за залежністю (5.7).

Аналогічно до попередньо визначеного на підставі розрахункових даних в тал. 5.3 та таб. 5.1 можна стверджувати про статистичний зв'язок між параметрами функції перерозподілу пасажиропотоку  $FP_A$  та транспортної роботи автомобільної маршрутної мережі.

На рис. 5.8 наведено графік зміни транспортної роботи автомобільної маршрутної мережі при зміні розподілу потоку між маршрутними мережами  $FP$  із функцією для розрахунку  $W_{\text{авт.тис.пас.км}}$ .

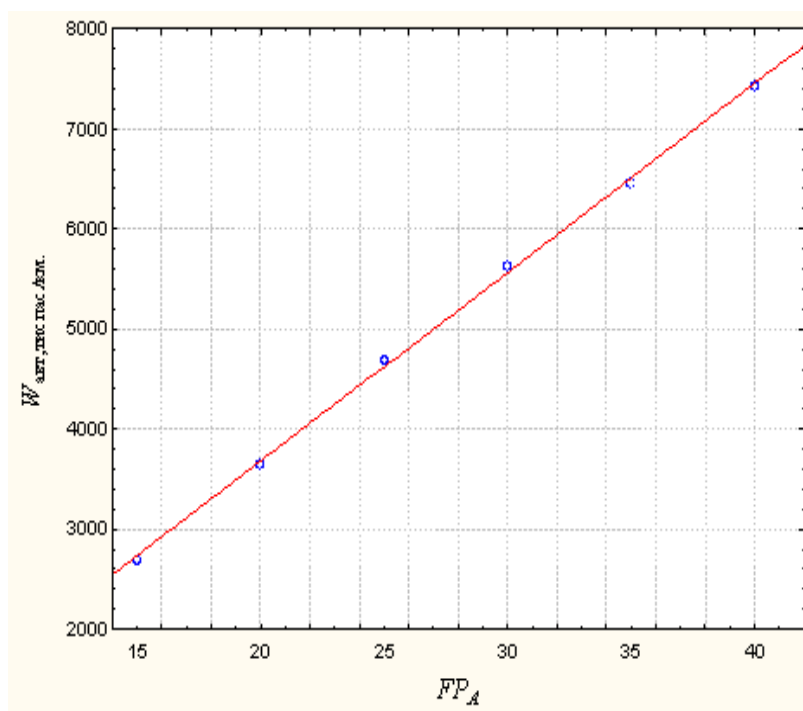


Рис. 6. Графік зміни транспортної роботи автомобільної маршрутної мережі –  $W_{\text{авт.тис.пас.км.}}$  при зміні розподілу потоку між маршрутними мережами –  $FP_A$ .

Визначено функцію розрахунку кількості перевезених пасажирів на залізничній маршрутній мережі, яка має наступний вигляд:

$$W_{\text{зал. д. тис. пас. км}} = 6284,2095 + 215,9886 \cdot FP_{\text{зал. д}}, \quad (8)$$

Проведемо розрахунки за залежністю (8) й порівняємо отримані результати із фактичними даними. Результати розрахунків зведено у табл. 9.

Таблиця 9

**Результати розрахунку кількості пересувань автомобільними маршрутами  
за залежністю (8)**

Значення $W_{\text{зал.}}$ за результатом комп'ютерного моделювання, тис.пас./км.	Значення $W_{\text{зал.}}$ за результатом розрахунку за залежністю 5.8, тис.пас./км.	$ \Delta W_{\text{зал.}} \text{ \%} $
19526,5	20323,4685	4,08%
18378,5	19243,5255	4,71%
17230,6	17083,6395	0,85%
16082,1	16003,6965	0,49%
14933,1	14923,7535	0,06%
13783,9	13843,8105	0,43%
	Разом:	1,77%

Отриманими результатами визначення різниці між  $W_{\text{зал.}}$  отриманого за результатами комп'ютерного моделювання та розрахункового значення  $W_{\text{зал.}}$  доведено можливість використання залежності (8) для проведення відповідних розрахунків.

**SECTION 6. WORLD ECONOMY AND INTERNATIONAL ECONOMIC RELATIONS**

DOI: 10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.3.6.1

**6.1 Залучення громадськості до розробки місцевих програм з економічного відновлення територій постраждалих громад**

Однією з основних проблем відновлення нормального життя та управління в Харківській області залишається продовження обстрілів російськими військами прикордонних громад, що не лише ускладнює налагодження мирного життя та відбудову багатьох населених пунктів регіону, але призводить до подальшого знелюднення частини області та чисельної евакуації громадян до безпечних громад.

Слід відзначити, що на рівні місцевих громад, особливо після окупації, нагальною проблемою залишається мінна безпека, відновлення економічної активності, соціальна згуртованість та психологічна реабілітація людей.

Перебування в окупації, регулярні обстріли з боку агресора, зруйнована інфраструктура та неможливість населення задовольняти першочергові потреби призводять до підвищення психоемоційної, соціальної напруги та подекуди й агресії з боку людей, які не покидали цих територій і тих, хто повертається додому.

Як наслідок, скорочується виробництво та робочі місця, зростає безробіття та стрімко знижується рівень життєздатності. Розв'язання цієї проблеми ускладнює те, що на початку війни в регіоні припинило працювати, знищено або релоковано на західні території України понад 80% бізнесу. Наслідки соціального характеру можуть проявлятися розладами в суспільстві, погіршенні взаємовідносин між групами населення громад та спричинити гуманітарну кризу в майбутньому.

Надблизьке розташування населених пунктів прифронтових громад (деякі населені пункти громад знаходяться на відстані менше 6 км до кордону) Харківської області обумовлює багатоаспектність негативних наслідків як соціального, економічного, психологічного, так і фізичного характеру в цілому.

Слід відзначити, що вирішення проблеми відсутності мапування існуючих проєктів, бенефіціарів та діючих організацій на рівні громад та області може стати важливим кроком для покращення ефективності та уникнення дублювання зусиль.

Для того, щоб організації громадянського суспільства (ОГС) були не тільки радниками та контролерами в процесі відновлення, а могли брати на себе відповідальність, влада має продемонструвати готовність делегувати цю відповідальність. Це вимагає створення певних нормативно закріплених правил взаємодії між владою та ОГС у процесах відбудови/реалізації стратегій. З цим погоджуються і представники ОГС: вони вважають, що слід законодавчо забезпечити включення громадського сектору в процес розробки та реалізації місцевих ініціатив з відновлення.

У регіоні особливо актуальною є потреба відбудови зруйнованого та забезпечення безпеки громадян (будівництво укриттів). Також проблемою області залишається високий рівень небезпеки, спричинений російськими артилерійськими обстрілами населених пунктів, замінуванням та військовим забрудненням території в процесі активних бойових дій (<http://surl.li/pmlgq>) [142].

Наразі на рівні держави та Харківської області розпочата робота по формуванню Плану відновлення території Харківщини. В основі розпочатої роботи лежать:

Стратегія розвитку Харківської області на 2021-2027 роки, яка доповнюється заходами відповідно до поточної ситуації (<http://surl.li/aadyz>) [143]. Пріоритетом регіональної виконавчої влади в першу чергу є ремонт та модернізація енергетичної інфраструктури, будівництво житла для ВПО, відновлення приватного житла та соціальної інфраструктури

Відповідно до результатів проведених Київським міжнародним інститутом соціології в квітні-травні 2023 року досліджень ініціатив відновлення в Україні було виявлено, що головними джерелами фінансування проєктів відновлення у громадах є місцевий бюджет громади (71%) та гранти від міжнародних

організацій (54%), проте поточний рівень фінансування та залучення коштів залишається недостатнім і покриває потреби громад лише на 26,7 % (<http://surl.li/pmmas>) [144].

Проте, хоч би на якому рівні не здійснювали керівництво відбудовою і незалежно від її масштабів, потрібно враховувати думку громадян у питаннях повоєнного облаштування відновлених громад, а також шукати нові форми залучення громадськості до прийняття управлінських рішень.

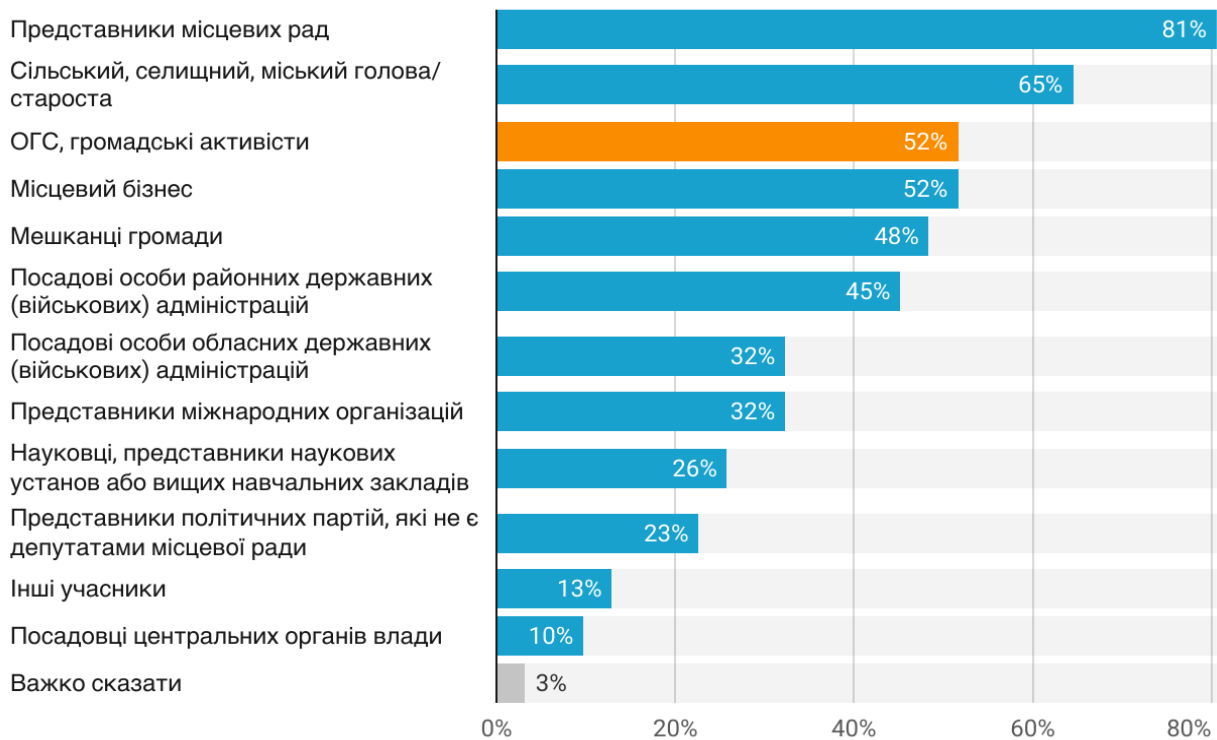
Регіональні плани відновлення на даний момент частіше за все існують у вигляді планів відбудови громад. Опитування керівників громад, проведене в ході дослідження, продемонструвало, що тільки третина громад зараз мають певний документ-стратегію щодо відновлення ([https://ednannia.ua/images/Master\\_version\\_UKR\\_Rebuilding.pdf](https://ednannia.ua/images/Master_version_UKR_Rebuilding.pdf)) [145].

Громади, які розробили такі документи, вказують, що вони далекі від фіналізації, а до розробки планів відновлення громад найчастіше залучені представники місцевих рад, приблизно в половині випадків в процесі створення плану відновлення беруть участь представники громадянського суспільства (мал. 1).

Наразі громадянське суспільство демонструє готовність бути ініціатором проєктів відновлення, особливо на місцевому рівні, а тому має бути всебічно залученим до процесів відбудови України. Відповідно до вищезазначених досліджень, на думку представників місцевого самоврядування, ключові ролі ОГС у процесі відновлення громадах можуть бути такими: пошук фінансування проєктів - 37,6%, розробка соціальних проєктів - 36,6%, контроль за діями влади - 32,7% та налагодження механізмів діалогу між бізнесом, владою та громадкістю - 31,7% (мал. 2).



APPLIED, TECHNICAL AND AGRICULTURAL SCIENCES: INTRODUCTION OF THE LATEST TECHNOLOGIES INTO USE



Мал. 1. Наявність і розробники стратегічного документу з відновлення [145]



Мал. 2. Роль громадських організацій у процесі відновлення громади [145]

Важливим аспектом такої співпраці є забезпечення відкритого та прозорого діалогу між державою, громадськими організаціями та представниками бізнес-спільноти. Це дозволить досягати взаєморозуміння, сприяти швидкому обміну актуальною інформацією та координувати дії у вирішенні таких важливих питань як дотримання соціально-економічних прав людини та відновлення країни. Особливе місце наразі в цій співпраці займає благодійна та грантова допомога як один із основних інструментів взаємодії влади, громадських організацій та сектору підприємництва, який ефективно використовується для фінансування проєктів та ініціатив, що реалізуються спільними зусиллями. Основними донорами України наразі є низка держав (мал.3).



Source: Christoph Trebesch, Arianna Antezza, Katelyn Bushnell, Andre Frank, Pascal Frank, Lukas Franz, Ivan Kharitonov, Bharath Kumar, Ekaterina Rebinskaya & Stefan Schramm (2023). "The Ukraine Support Tracker: Which countries help Ukraine and how?" Kiel Working Paper, No. 2218, 1-75. • Created with Datawrapper

Мал. 3. Допомога Україні від міжнародних донорів, млрд. євро за період 24.01.22-24.02.2023 рр. [145]

Грантові інструменти відрізняються від інших інструментів фінансової допомоги тим, що ресурси надаються на безоплатній та безповоротній основі для

досягнення цілей, спрямованих загалом на благо всього суспільства або певних суспільних груп. Грантовими інструментами є [146]:

- Міжнародна технічна допомога (МТД) є набором ресурсів та послуг, що надаються донорами згідно з міжнародними договорами на безоплатній та безумовній основі з метою сприяння розвитку країни. Цей вид допомоги включає в себе надання майна, перелік якого визначається в програмах та проєктах МТД, права інтелектуальної власності, фінансові ресурси в іноземній або національній валюті, а також інші ресурси, що не заборонені законодавством. Ці ресурси можуть включати важкодоступні або надзвичайно цінні (унікальні) ресурси, такі як спеціалізоване обладнання, консультації провідних фахівців та ін;

- Грантові програми представляють собою набір фінансових ресурсів, які надаються отримувачам безповоротно для здійснення соціальних проєктів, благодійних програм, проведення наукових досліджень, освітньої діяльності, підвищення кваліфікації та інших суспільно корисних цілей з обов'язковим етапом звітування щодо їх використання для визначених цілей. Гранти, подібно до міжнародної технічної допомоги, можуть бути надані у формі майна, робіт чи послуг, а також фінансових ресурсів, хоча переважають майнові та грошові види допомоги;

- Проєкти корпоративної соціальної відповідальності (КСВ) — це відповідальність корпорацій за прямий та опосередкований вплив на економічну, екологічну й соціальну системи, у які вони вбудовані. Найчастіше КСВ має досить обмежений фокус (наприклад, лише сфера освіти, здоровий спосіб життя чи охорона природи) відповідно до внутрішньої політики та розпоряджень корпорації.

Грантові ресурси міжнародних донорських організацій відіграли важливу роль у трансформації економіки країн Центральної та Східної Європи, адже виявилися ефективним інструментом у підтримці мікропідприємництва на територіях, де проводили масштабні структурні реформи, зокрема в Польщі, Словаччині, Болгарії, Східній Німеччині тощо. Діяльність донорських організацій у цих країнах була спрямована здебільшого на створення умов для

прогресивної трансформації економіки й суспільства, реформування системи врядування, сприяння євроінтеграційним процесам [146]:

Вітчизняні науковці досліджуючи питання перспективності грантових ресурсів підтверджують наявність урядових програм фінансової підтримки бізнесу та пропонують додаткові ініціативи задля підсилення ефективності реалізації грантових можливостей для бізнесу [147,148].

Відновлення громадської активності на деокупованих територіях є складним завданням, проте виважені підходи можуть сприяти активізації громадян, залученню місцевих мешканців і внутрішньо переміщених осіб до демократичного врядування зокрема:

- надання можливостей для вільного вираження своїх поглядів та думок, створення безпечного середовища для обговорення проблем і потреб громади, відкритого діалогу та обміну ідеями;

- заохочення та фінансова підтримка громадських організацій, проєктів та ініціатив, спрямованих на розвиток громадської активності, освітньо-культурних процесів та розвиток громади в цілому;

- проведення освітніх заходів, тренінгів та робочих груп для громадян щодо прав та обов'язків, сприяння розвитку навичок участі у громадському житті;

- формування платформ для громадського обговорення та обміну думками з метою спільного вирішення проблем, що стосуються громади;

- створення ініціатив та програм, спрямованих на залучення молоді до громадської діяльності, створення можливостей для їх участі у прийнятті рішень та розвитку громади;

- співпраця між державними органами, громадськими організаціями та міжнародними установами для спільного розв'язання проблем і підтримки громадської активності;

- взаємодія з міжнародними організаціями та ініціативами для сприяння розвитку громадянського суспільства та громадської активності.

Саме тому з метою ефективного відновлення інфраструктури та своєчасної допомоги потерпілим від військової агресії є потреба в розробці місцевих

програм з відновлення територій громад Харківської області, які мають на території колективні центри та прийняли велику кількість ВПО. Програми включатимуть не лише задоволення першочергових фізичних потреб, а й сприятимуть психоемоційному відновленню, соціальному згуртуванню населення, розвиток місцевих громадських організацій, підтримку демократичних процесів.

Розробка програми з відновлення територій громад має бути спрямована на подолання наслідків повномасштабної агресії проти України та стати основою для планування просторового розвитку. Наразі існує понад 20 сфер відновлення до яких залучене громадянське суспільство.

Слід відзначити, що саме місцеві програми з відновлення територій громад є найефективнішими для виправлення постконфліктних ситуацій чи посткризових наслідків, оскільки використовують комплексний підхід і сприяють:

- залученню місцевого населення (місцеві ініціативи та програми можуть залучати місцевих жителів до відновлення, надаючи їм можливість брати активну участь у вирішенні проблем та розвитку своєї громади);
- розвитку місцевої інфраструктури (програми можуть бути спрямовані на відновлення та підтримку інфраструктури, такої як дороги, школи, лікарні, водопостачання, каналізація та інші важливі об'єкти для покращення якості життя мешканців);
- створенню робочих місць та підтримці підприємництва (підтримка малих підприємств, сприяння можливості отримання мікрокредитів, підтримка розвитку сільського господарства);
- соціальній підтримці для уразливих груп населення, шляхом надання психологічної допомоги, завдяки освітнім ініціативам для дітей/дорослих та тренінгам з розвитку навичок тощо;
- культурній реабілітації (відновлення культурних цінностей та традицій через підтримку мистецтва, музеїв, фестивалів та інших культурних ініціатив);

- гармонійному співіснуванню та взаєморозумінню між різними групами населення, створюючи платформи для діалогу, обміну думками та співпраці.

Розроблена і затверджена Місцева програма дозволить визначати головні вектори розвитку й відновлення громад, покращить інвестиційний клімат, стане конкурентною перевагою для отримання державної та міжнародної допомоги.

Проте, реалії життя висвітлюють і нові завдання для громадських організацій, які обумовлені бажанням громадян приймати пряму участь у вирішенні нагальних проблем і задоволенні специфічних потреб, особливо мешканців на нещодавно звільнених територіях, сприяти мобілізації солідарності та взаємної підтримки.

Розробка місцевих Програм відновлення територій Харківської області з залученням місцевого населення для прийняття рішень задля врахування їх потреб та сприятиме вирішенню наступних завдань:

- розробка Методології збору, систематизації та зберігання аналітичних даних щодо запитів і потреб мешканців постраждалих громад;
- розробка проєкту Програми з відновлення територій;
- реалізація освітніх заходів, направлених на підвищення організаційної спроможності місцевих ГО та соціальну згуртованість населення;
- передача досвіду з використання методології й алгоритму залучення місцевих мешканців до розроблення місцевої Програми в інші громади Харківської області, які зазнали пошкоджень під час війни.

Заплановані заходи, терміни і розклад їх реалізації:

1. Підготовчий етап проєкту (заклучення договорів з експертами, розроблення планів проведення заходів і графіків опитувань, робочі зустрічі з командою та представниками громад);

2. Розробка методології збору, систематизації та зберігання аналітичних даних;

3. Проведення збору інформації, опитування бенефіціарів щодо наявних потреб в чотирьох громадах;

4. Проведення фокус-групових досліджень за участю представників

влади, бізнесу громадськості;

5. Аналіз та систематизація результатів опитувань та досліджень;
6. Створення робочих груп із розробки Програм відновлення, проведення перших засідань робочих груп та презентація результатів опитувань;
7. Розроблення проєктів Програм відновлення територій громад, громадські обговорення та врахування пропозицій населення;
8. Презентація затверджених Програм на рівні районної влади та передача досвіду з використання методології збору інформації.

Потрібно враховувати, що окупація тією чи іншою мірою торкнулася багатьох районів Харківської області, що вплинуло на умови роботи обласної та більшості районних рад, а тому вочевидь такі території, будучи деокупованими, можуть стикаються з серйозними наслідками щодо доступу до інформації та відкритості влади через наступні причини:

- конфліктні обставини та нестабільна політична ситуація можуть призводити до обмежень у доступі до інформації (цензура, обмеження свободи слова та обмеженням доступу до незалежних джерел інформації);
- конфліктна ситуація на деокупованих територіях може ускладнювати демократичні процеси та роботу самоврядування через нестабільність та відсутність мирного середовища для розвитку демократичних інститутів.
- обмеження прав і свобод громадян під час воєнного стану та загальні воєнні загрози. Разом з тим очевидно, що цілком відмовитися від демократії участі неможливо, тому треба шукати нові форми залучення громадськості до прийняття управлінських рішень.

Стратегія налагодження контактів, вивчення потреб та пропозицій громадян під час розробки місцевих Програм відновлення територій громад буде побудована на ключових принципах:

- дотримання партисипативного підходу для забезпечення відкритості і прозорості у процесі прийняття рішень, інформування громади про використання їхніх пропозицій та внесків;

- активне вислуховування та залучення громадян (проведення громадських слухань, дискусій та відкритих форумів для збору думок та ідей);
- залучення місцевих експертів та активістів для висвітлення ключових питань та потреб громади;
- анкетування та опитування (для отримання об'єктивних даних щодо пріоритетів та проблем громади);
- створення робочих груп (формування робочих груп із представників різних верств населення для більш детального вивчення конкретних проблем та розробки рішень);
- використання інтернет-платформ/онлайн-платформ для збору електронних пропозицій та коментарів від громадян;
- співпраця з місцевими активістами, включаючи представників громадських організацій та бізнесу для забезпечення широкої участі та підтримки;
- спеціальна увага до потреб вразливих груп населення, таких як молодь, люди похилого віку, люди з обмеженими можливостями тощо;
- швидке реагування на виникаючі проблеми та коригування програми відновлення відповідно до змін у потребах громади.

Саме тому держава, бізнес та громадськість повинні вийти на новий рівень співпраці задля створення ефективних стратегій розвитку економіки та стимулювання інноваційно-інвестиційної діяльності.

Особливо важливим є розвиток системи контролю за розподілом ресурсів та забезпечення прозорості у процесах державної підтримки та захищеності всіх учасників цього процесу.

Саме тому участь громадянського суспільства та інших зацікавлених сторін є надзвичайно важливою для формування та реалізації державної політики щодо соціально-економічних прав людини, а також для підвищення ефективності повоєнного відновлення України в рамках проєктної співпраці.



## REFERENCES

1. Литвиненко М.А. (2016). Створення сортів пшениці м'якої озимої адаптивних до змін клімату на Півдні України. Збірник наукових праць Селекційно - генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення, 27(67), 36–53.
2. Комобакін, В. (2008). Кліматичні зміни та їх наслідки. *Farmer*, (2 /11), 11–12.
3. Bondareva, O., & Vaschchenko, V. (2021). Селекція зернових культур в умовах нестійкого зволоження північно-східного Степу України. *Priority areas for development of scientific research: domestic and foreign experience: collective monograph / edited by authors*. Riga, Latvia: "Baltija Publishing".  
DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-049-0-37>.
4. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових круп'яних та зернобобових культур. (2003). Волкодав, В. (ред.) Охорона прав на сорти рослин. Офіційний бюлетень. К.: Алефа.
5. Літун, П.П., Белкін, О.О., & Білянський, О.І. (1992). Пакет прикладних програм ППП «ОСГЭ». Харків: ІР ім. В. Я. Юр'єва.
6. Ващенко, В.В., Ковалевська, Н.І., Шевченко, О.О., Лобко, Т.К., & Бережна, Л.А. (2021). Адаптивна селекція в умовах північної підзони Степу України. Розвиток Придніпровського регіону: агроекологічний аспект: монографія. Дніпро: Ліра.  
<http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/5533>
7. Pawan Kumar Saini, S. V. Singh, R. K. Yadav, Lokendra Singh, Shweta, S. K. Singh, Harshit Tripathi, Swapnil Dwivedi, & Utkarsh Tiwari (2024). Genetic Variability and Selection Parameters for Yield and Its Contributing Traits in Bread Wheat (*Triticum aestivum*L. em. Thell). *J. Plant Soil Sci.*, 36(5), 240–252.  
DOI: 10.9734/IJPSS/2024/v36i54522
8. Trembitska O., et al. The development of technical, agricultural and applied sciences as the main factor in improving life. International Science Group, 2024.
9. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
10. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
11. Сівак, Р. В. Використання нових конструктивних рішень для влаштування дорожнього одягу. ВНТУ, 2021.
12. Lemeshev, M., et al. "Perspective direction of recycling of industrial waste in the technology of production of building materials." (2020).

13. Hladyshev, D., et al. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023.
14. Іванов, О. А. Перспективи утилізації техногенних відходів у будівельній галузі. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021.
15. Стаднійчук, М. Ефективність використання цементобетону для будівництва автомобільних доріг. ВНТУ, 2024.
16. Sokolovskaya, O. "Scientific foundations of modern engineering/Sokolovskaya O., Ovsiannykova L. Stetsiuk V., etc–International Science Group." Boston: Primedia eLaunch 528 (2020).
17. Березюк, О. В., М. С. Лемешев, and В. П. Ковальський. "Будівельні вироби з механо-активованих промислових, побутових відходів." (2023).
18. Kornyllo, I., et al. "Scientific foundations in research in Engineering." (2022).
19. Лемешев, М. С., et al. "Перспективи використання техногенної сировини при виробництві композиційних вяжучих." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. № 2: 36-45. (2022).
20. Beresjuk, O., et al. Theoretical and scientific foundations in research in Engineering. Vol. 1. International Science Group, 2022.
21. Demchyna, B., L. Vozniuk, and M. Surmai. "Scientific foundations of solving engineering tasks and problems." (2021).
22. Березюк О.В. Визначення параметрів машин для поводження з твердими відходами : монографія /О.В. Березюк, М.С. Лемешев // Omni Scriptum Publishing Group, 2020. – 61 с.
23. Wójcik, Waldemar, and Małgorzata Pawłowska, eds. Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals. Routledge, 2021
24. Лемешев, М. С., Сівак, К. К., Стаднійчук, М. Ю. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44.
25. Bereziuk, O., et al. "Ukrainian prospects for landfill gas production at landfills." Theoretical aspects of modern engineering: 58-65. (2020).
26. Лемешев, М. С., М. Ю. Стаднійчук "Жаростойкое вяжущее на основе промышленных отходов." Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: 168-171. (2019).
27. Stadniychuk, M., Obtaining active mineral additives from industrial waste. Національний університет "Львівська політехніка", 2023.
28. Lemeshev, M., et al. "Perspective uses of industrial waste in the production of building materials." Scientific foundations of modern engineering: 205–210. (2019).

29. Sivak, R. Features of processing of technogenic industrial waste in the construction industry. ВНТУ, 2021.
30. Lemeshev, M., et al. "Complex binder based on industrial man-made waste." Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions: 51–59. (2023).
31. Сердюк, В. Р. "Радіозахисні покриття варіатропної структури із бетела-м." (2008).
32. Lemeshev, M., O. Bereziuk, and K. Sivak. "Features of the use of industrial waste in the field of building materials." Scientific foundations in research in Engineering. 1.2: 25–32. (2022).
33. Stadniychuk, M., Composite conducted concrete for special purposes. Національний університет "Львівська політехніка", 2023.
34. Лемешев, М. С., О. В. Христич, and О. В. Березюк. "Дрібнозернистий бетон з модифікованим заповнювачем техногенного походження." Materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzeń Europy–2015». Sp. z oo «Nauka i studia», 2015.
35. Bereziuk, O., et al. "Features of studying the disciplines of the cycle of safety of life activity by future specialists-builders." Theoretical and scientific foundations of pedagogy and education: collective monograph. 5.2: 169–176. (2022).
36. Стаднійчук, М. Ю. Пріоритетні напрямки використання відходів. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019.
37. Лемешев, М. С., О. В. Христич, and О. В. Березюк. "Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв." Materiály XI Mezinárodní vědecko-praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy–2015». Publishing House «Education and Science» sro, 2015., 2015.
38. Черепаха, Д. В. Використання промислових техногенних відходів Вінниччини для виготовлення будівельних виробів. ВНТУ, 2019.
39. Azarenkov V. Modern teaching methods in pedagogy and philology / V. Azarenkov et al. – Primedia eLaunch, 2023. – 580 p
40. Лемешев М. С. Особливості використання промислових техногенних відходів в галузі будівельних матеріалів / М. С. Лемешев, К. К. Сівак, М. Ю. Стаднійчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2020. – № 2.
41. Палагнюк, С. В. Композиционные материалы полифункционального назначения. Тюменский индустриальный университет, 2012.
42. Медведь, Я. О. Промислові відходи–альтернатива традиційним природним ресурсам. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021.

43. Лемешев М. С. Ніздрюваті бетони з використанням промислових відходів / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте '2017 : материалы международной научно-практической Интернет-конференции. – Москва : SWorld, 2017. – 7 с.
44. Стаднийчук, М. Ю. "Использование промышленных отходов в строительной отрасли." International Science Group, 2021.
45. Лемешев, М. С. "Антистатичні покриття із бетелу-м." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: 217-223. (2004).
46. Hnes, L., S. Kunytskyi, and S. Medvid. "Theoretical aspects of modern engineering." International Science Group: 356 p. (2020).
47. Усатюк, В. В. Перспективы использования техногенных отходов в области строительных материалов. Тюменский индустриальный университет, 2017.
48. Лемешев, М. С. "Теоретические предпосылки создания радиопоглощающего бетона бетэла-м." Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури 1: 60-64. (2005)
49. Sivak, K. Use of industrial waste for increased experimental properties in construction. Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2023.
50. Kazachiner, O., et al. Theoretical and scientific foundations of pedagogy and education. Vol. 1. International Science Group, 2022.
51. Лемешев, М. С. "Розробка радіозахисних будівельних матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: ВНТУ, 2006, 244-250.
52. Сердюк, В. Р. "Об'ємна гідрофобізація важких бетонів." (2009).
53. Stadniychuk, M. Composite materials based on man-made waste. ВНТУ, 2021.
54. Lemeshev, M., et al. "Use of industrial waste in the construction industry." Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture: 19–25. (2023)
55. Сівак, Р. В. Використання безавтоклавного ніздрюватого бетону для влаштування автомобільних доріг. ВНТУ, 2021.
56. Bereziuk, O. "Forecasting the volume of construction waste." (2021)
57. Лемешев М. С., Березюк О. В. Легкі бетони отримані на основі відходів промисловості // Сборник научных трудов SWorld. –Иваново: МАРКОВА АД, 2015. –Выпуск 1. Том 13. –С. 111-114.
58. Черехаха, Д. В. Електротехнічний бетон спеціального призначення. ВНТУ, 2020.
59. Стаднийчук, М. С. Industrial waste recycling. ВНТУ, 2021.

60. Лемешев, М. С. "Радиоэкранирующие композиционные материалы с использованием отходов металлообработки." Череповецкий государственный университет, 2014.
61. Сердюк, В. Р. "Комплексне в'яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва." (2009).
62. Boiko, T., et al. Theoretical foundations of engineering. Tasks and problems. Vol. 3. International Science Group, 2021.
63. Kalafat, K., et al. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).
64. Sivak, R. Peculiarities of using industrial waste in the construction industry. BHTY, 2021.
65. Isikdag U.; Zlatanova S. A SWOT analysis on the implementation of Building Information Models within the Geospatial Environment. In Urban and Regional Data Management—UDMS Annual 2009; Krek, A., Rumor, M., Zlatanova, S., Fendel, E.M., Eds.; Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2009; pp. 15–30.
66. Thompson A.A.; Strickland A.J.; Gamble J.E. Crafting and Executing Strategy—Concepts and Cases, 15th ed.; McGraw-Hill/Irwin: Boston, MA, USA, 2007.
67. Gürel E.; Tat M. SWOT analysis: A theoretical review. J. Int. Soc. Res. 2017, 10, 994–1006.
68. US National Institute of Building Sciences. National Building Information Modelling Standard; Version 1—Part 1: Overview, Principles, and Methodologies, Glossary; US National Institute of Building Sciences: Washington, DC, USA, 2007.
69. Ratajczak J.; Riedl M.; Matt D.T. BIM-based and AR Application Combined with Location-Based Management System for the Improvement of the Construction Performance. Buildings 2019, 9, 118.
70. Elagiry M.; Marino V.; Lasarte N.; Elguezabal P.; Messervey T. BIM4Ren: Barriers to BIM Implementation in Renovation Processes in the Italian Market. Buildings 2019, 9, 200.
71. Juszczak M.; Zima K.; Lelek W. Forecasting of sports fields construction costs aided by ensembles of neural networks. J. Civ. Eng. Manag. 2019, 25, 715–729.
72. Nawari O.N.; Ravindran S. Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and Applications in Post-Disaster Recovery. Buildings 2019, 9, 149.
73. Liu Z.; Lu Y.; Peh L.C. A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information Modeling (BIM) Research in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry. Buildings 2019, 9, 210.
74. Fan S.L.; Skibniewski M.J.; Hung T.W. Effects of Building Information Modeling During Construction. J. Appl. Sci. Eng. 2014, 17, 157–166.

75. Giel B.K.; Issa R.R.A. Return on Investment Analysis of Using Building Information Modeling in Construction. *J. Comput. Civ. Eng.* 2013, 27, 511–521.
76. Zima K. Impact of information included in the BIM on preparation of Bill of Quantities. *Procedia Eng.* 2017, 208, 203–210.
77. Kaplinski, O. Innovative solutions in construction industry. Review of 2016–2018 events and trends. *Eng. Struct. Technol.* 2018, 10, 27–33.
78. Read P.; Krygiel E.; Vandezande J. *Mastering Autodesk®Revit®Architecture 2013*; JohnWiley & Sons: Ottawa, ON, Canada, 2012.
79. Sniezhkin Yu., Husarova, O., Shapar R. (2017). Intensyfikatsiia volohovydalennia pry znevodnenni plodoovochevoi syrovyny. *Naukovi pratsi*, 81 (1), 90—93. doi: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v81i1.681>
80. Sun Y., Zhang M., Mujumdar, A. (2019). Berry drying: Mechanism, pretreatment, drying technology, nutrient preservation, and mathematical models. *Food Engineering Reviews*, 11, 61-77. DOI:10.1007/s12393-019-9188-3
81. Pohozhykh M. I., Pak A. O. (2015). Enerhoefektyvni sposoby pererobky kharchovoi syrovyny: sushinnia plodovo-yahidnoi syrovyny. Kharkiv: KhDUKht.
82. Ievchuk Ya. V., Ivanov D. V., Shutiuk V. V. (2023). *Doslidzhennia rezhymiv konvektyvnoho sushinnia plodiv kalyny* (Doctoral dissertation).
83. Delfiya D. A., Prashob K., Murali S., Alfiya P. V., Samuel M. P., Pandiselvam R. (2022). Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 45 (6), e13810. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13810>
84. Drozd, Yu. M. (2021). *Tekhnolohiia pererobky vidkhodiv yabluk dlia oderzhannia biolohichno aktyvnykh rehovyn*.
85. Unal Nafiye , Heybeli Nursel, Ertekin Can. (2016). Infrared drying of strawberry. *Food Chemistry*. 219. 10.1016/j.foodchem.2016.09.103
86. Samilyk M., Helikh A., Bolgova N., Potapov V., Sabadash S. (2020). The application of osmotic dehydration in the technology of producing candied root vegetables. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11(105), 13–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.204664>
87. Ahmed, I., Qazi, I.M., & Jamal, S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the Preservation of Fruits and Vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>
88. Lopez J., Shun Ah-Hen K., Vega-Gálvez A., Morales A., García-Segovia P., Uribe E. (2017). Effects of drying methods on quality attributes of murta (*Ugni molinae* Turcz) berries: Bioactivity, nutritional aspects, texture profile, microstructure and functional properties. *Journal of food process engineering*, 40(4), e12511. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12511>

89. Dibrivska N. V., Pavliuk R. Yu., Pavliuk V. A., Yanytskyi V. V., Kriachko T. V. (2010). Aktyvatsiia roslynnykh biolohichno aktyvnykh rehovyn fizychnymy metodamy.
90. Shi J., Pan Z., McHugh T. H., Wood D., Hirschberg E., Olson, D. (2008). Drying and quality characteristics of fresh and sugar-infused blueberries dried with infrared radiation heating. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 1962-1972. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.003>
91. Puente-Díaz L., Ah-Hen K., Vega-Gálvez A., Lemus-Mondaca R., Scala K. D. (2013). Combined infrared-convective drying of murta (*Ugni molinae* Turcz) berries: Kinetic modeling and quality assessment. *Drying Technology*, 31(3), 329-338. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.736113>
92. Zhang W. P., Chen C., Pan Z., Xiao H. W., Xie L., Gao Z. J., Zheng Z. A. (2020). Design and performance evaluation of a pilot-scale pulsed vacuum infrared drying (PVID) system for drying of berries. *Drying technology*, 38(10), 1340-1355. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1639725>
93. Pointing, J. D., Warrers, G. G., Forrey, R. R., Jackson, R., and Stanley, W. L. 1966. Osmotic dehydration of fruits. *Journal of Food Technology*, 44: 1365-1368.
94. Vial, C., Guilbert, S. and Cuq, J. 1991. Osmotic dehydration kiwi fruit of kiwi fruits: Influence of process variables on the colour and ascorbic acid content. *Science des Aliments*, 11(1): 63-84
95. Heng, K., Guilbert, S. and Cuq, J. L. 1990. Osmotic dehydration of papaya: Influence of process variables on the product quality. *Science des Aliments*, 10(4): 831-848.
96. Torreggiani, D. 1993. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, 26(1): 59-68.
97. Beristain, C., E. Azuara, R. Cortes and Garcia, H. S. 1990. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *International Journal of Food Science*, 25(5): 576-582.
98. Pragati, S. Dahiya and S. S. Dhawan. 2003. Effect of drying methods on nutritional composition of dehydrated aonla fruit (*Emblica officinalis* Garten) during storage. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(3): 1-9.
99. El-Aouar, A. A., Azoubel, P. M., Barbosa, J. L. and Murr, F. E. X. 2006. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Food Engineering*, 75(2): 267-274.
100. Haj Najafi, A., Yusof, Y. A., Rahman, R. A., Ganjloo, A. and Ling, C. N. 2014. Effect of osmotic dehydration process using sucrose solution at mild temperature on mass transfer and quality attributes of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). *International Food Research Journal*, 21(2):625-630

101. Ibitwar, B. B., Kaur, B., Arora, S., Pathare, P. B 2008. Osmo-Convective dehydration of plum (*Prunus salicina* L). *International Journal of Food Engineering*, 4(8): 1-11
102. Samilyk M. M., Demidova E. V., Bolgova, N. V. (2022). Bezvidkhodna tekhnolohiia pererobky dykorosloi syrovyny. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30(3), 394-403 <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i3.256924>
103. Sarv, V.; Venskutonis, P.R.; Bhat, R. The *Sorbus* spp.—Underutilised Plants for Foods and Nutraceuticals: Review on Polyphenolic Phytochemicals and Antioxidant Potential. *Antioxidants* 2020, 9, 813.
104. Arvinte OM, Senila L, Becze A, Amariei S. Rowanberry-A source of bioactive compounds and their biopharmaceutical properties. *Plants*. 12 (18) : 3225. <https://doi.org/10.3390/plants12183225>
105. Berna E., Kampuse S., Dukalska L., Murniece I. The chemical and physical properties of sweet rowanberries in powder sugar. (2011).163-168.
106. Посудін Ю.І. Методи неруйнівної оцінки якості та безпеки сільськогосподарських і харчових продуктів: Навчальний посібник. - К.: Арістей, 2005. - 408 с.
107. Лисиченко М.Л. Установки для пастеризації молока / М.Л. Лисиченко, В.І. Жила, В.І. Піскун // Вісник ХНТУСГ. Технічні науки. Випуск 195 «Проблеми енергозабезпечення на енергозбереження в АПК України». – Х.: ХНТУСГ, 2018. – С. 97-101.
108. Зозуляк О.В. Впровадження системи НАССР на підприємствах молочної галузі / О.В. Зозуляк І.А. Зозуляк // Праці ТДАТУ. – 2019. – № 19. Т. 1 – С. 139 – 147.
109. Гунько І.В. Універсальне енергозберігаюче пастеризаційне обладнання для виробництва жирових продуктів / І.В. Гунько, Ю.В. Майборода, І.А. Зозуляк // «Техніка, енергетика та транспорт АПК», 2018. - №3(102). - С. 26 – 33.
110. Промислові технології переробки м'яса, молока та риби : підручник / Ф. В. Перцевий, О. Г. Терешкін, П. В. Гурський та ін. – Київ : Інкос, 2014. – 340 с.
111. Кочубей-Литвиненко, О. В. Технологія отримання та первинного оброблення молока : підручник / О. В. Кочубей-Литвиненко, Н. М. Ющенко ; Національний університет харчових технологій. – Київ : НУХТ, 2013. – 211 с.
112. Akshay Kumar Anugu Microbial inactivation and allergen mitigation of food matrix by pulsed ultraviolet light [електронний ресурс]. – 2013. Режим доступу: <http://ufdc.ufl.edu/UFE0045406/00001>.
113. Effect of pulsed-light treatment on milk proteins and lipids / Noura Elmnasser [et al.] // *J. Agric Food Chem.* – 2008. – Vol. 56 (6). – P. 1984–1991.



114. Семенов А.О., Попов С.В., Сахно Т.В., Тарасенко Д.С. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання. Монографія. Полтава: ПП «Астроя», 2023. 190 с.
115. Ngadi, M. Kinetics of ultraviolet light inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid foods / M. Ngadi, J. P. Smith, B. Cayouette // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2003. – Vol. 83(15). – P. 1551–1555.
116. Proctor, B.E. Electromagnetic radiation fundamentals and their applications in food technology / B.E. Proctor, S.A. Goldbith // *Adv in Food Research*. – 1951. – Vol. 3. – P. 120–196.
117. Wishner, L.A. Light-induced oxidations in milk / L.A. Wishner // *Journal of Dairy Science*. – 1964. – Vol. 47. – P. 216–221.
118. Yousef, A.E. Use of ultraviolet energy to degrade aflatoxin M1 in raw or heated milk with and without added peroxide / A.E. Youself, E.H. Marth // *Journal of Dairy Science*. – 1986. – Vol. 69. – P. 2243–2247.
119. Altic, L.C. UV light inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk as assessed by FASTPlaqueTB phage assay and culture / L.C. Altic, M.T. Rowe, I.R. Grant // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2007. – Vol. 73(11). – P. 3728–3733.
120. Krishnamurthy, K. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in milk using flow-through pulsed UV-light treatment system / K. Krishnamurthy, A. Demirci, J. M. Irudayray // *Journal of Food Science*. – 2007. – Vol. 72(7). – P. M233–M239.
121. Collins, F.M. Relative susceptibility of acid-fast and non-acid-fast bacteria to ultraviolet light / F.M. Collins // *Appl. Microbiol.* – 1971. – Vol. 21. – P.411–413.
122. Guerrero-Beltra'n, J.A. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light / J.A. Guerrero-Beltra'n, G.V. Barbosa-Ca'novas // *Food Sci. Technol. Int.* – 2004. – Vol. 10. – P. 137–147.
123. Peccia, J. UV-induced inactivation rates for airborne *Mycobacterium bovis* BCG /  
J. Peccia, M. Hernandez J. Occup // *Environ. Hyg.* – 2004. – Vol. 1. – P. 430–435.
124. New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality / D. J. Reinemann [et al.] // ASABE paper no. 066088. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), St. Joseph, MI. – 2006.
125. Kehoe, J.J. Tryptophan-mediated denaturation of beta-lactoglobulin A by UV irradiation // *J. Agric. Food Chem.* – 2008. – № 12. – Vol. 56.
126. Krishnamurthy, K. Decontamination of milk and water by pulsed UV-light and infrared heating [электронный ресурс] / K. Krishnamurthy // The Pennsylvania State University. – 2006. – режим доступа: [https:// etda.libraries.psu.edu/paper / 7212/2481](https://etda.libraries.psu.edu/paper/7212/2481).

127. Filipov, Zh. Changes in the total protein and protein fractions in cow's milk irradiated with ultraviolet rays // *Vet. Med. Nauki.* – 1976. – № 4. – Vol. 13.
128. Патент. Україна №145547 МПК А 23С 3/07, А23С 7/04. Знезаражувач-молокоочисник / заявники та патентотримачі Жила В.І., Лисиченко М.Л., Холін В.В., Шаленко Я.А. - № u 2020 02644; заявл. 30.04.2020; опубл.28.12.2020 Бюл.№24.
129. Процеси і апарати. Гідромеханічні процеси: Підручник / В.С. Бойко, К.О. Самойчук, В.Г. Тарасенко, Н.П. Загорко, В.Г. Циб. – Мелітополь, 2019. – 212с.
130. Говоров П.П. Підвищення енергоефективності знезараження води в системах водопостачання міст / П.П. Говоров, О.В. Король, Т.І. Романова // *Вісник НТУ «ХП»*, 2015. 12 (1121) – С. 369-373.
131. Сайт компанії Prolight Opto Technology Corp. <https://svl.ua/ru/content/4-about-us>.
132. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М.: Радио и связь, 1985. — 384с.
133. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. — Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. — 1104 с.
134. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. М., Техносфера, 2006. 288 с.
135. Сергеев М.Б., Ненашев В.А., Сергеев А.М. Вложенные кодовые конструкции Баркера-Мерсенна-Рагхаварао. Информационно-управляющие системы, 2019, № 3, с. 71-81.
136. Barker, R. H. "Group Synchronizing of Binary Digital Sequences". *Communication Theory*. London: Butterworth. pp. 273–287.
137. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник. – М. Высш. школа, 1983. – 536с.
138. Банкет В.Л., Токарь М.С. «Композитные коды Баркера» // *Цифрові технології* №2, 2007р. С.8-17.
139. Вольнская А.В. Результаты математического моделирования процесса поиска кодовых последовательностей с заданными корреляционными свойствами // *Вестник УрГУПС: Науч.-техн. журнал.* – Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – № 3–4. – С. 64–71.
140. Максимов В.В., Чуприна Р.С. Обратные композитные коды Баркера // *Наукові записки УНДІЗ*, №1(21), 2012 г. – С.71-76.
141. Вольнская А.В., Калинин П.М. Новые помехоустойчивые сигналы для интеллектуального канала телемеханики // *Fundamental Research* №11, 2012. – С.922-926.

142. Управління деокупованими територіями Харківської та Херсонської областей: досвід першого року : аналіт. доп. / Нац. ін-т стратег. дослідж. ; [ред. В. Г. Потапенко]. К. : НІСД, 2023. 48 с. <http://surl.li/pmlgq>
143. СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА 2021-2027 РОКИ (<http://surl.li/aadyz>).
144. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНІЦІАТИВ ВІДНОВЛЕННЯ В УКРАЇНІ ТА РОЛЬ ГРОМАДЯНСЬКОГО СУСПІЛЬСТВА В ПРОЦЕСАХ ВІДНОВЛЕННЯ: ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСНОГО СОЦІОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОВЕДЕНОГО У КВІТНІ-ТРАВНІ 2023 (<http://surl.li/pmmas>).
145. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНІЦІАТИВ У СФЕРІ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ// [https://ednannia.ua/images/Master\\_version\\_UKR\\_Rebuilding.pdf](https://ednannia.ua/images/Master_version_UKR_Rebuilding.pdf)
146. Практичний посібник «Місцевий економічний розвиток: моделі, ресурси та інструменти фінансування» URL: <http://pleddg.org.ua/ua/praktichniy-posibnik-misceviy-ekono/#>.
147. Кобеля З.І., Тодорюк С.І. Перспективи розвитку підприємництва у сучасних умовах господарювання. Агросвіт. 2023. № 7-8. С. 95-106. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/agrosvit/article/view/1349/1359> (дата звернення: 25.10.2023)
148. Центр розвитку «ЧАС ЗМІН». URL: <http://www.chaszmin.com.ua/>.