

# MATHEMATICAL METHODS, MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN ECONOMY

УДК 339.5:519.25:330.4  
JEL C49, C59, F17

DOI: 10.26906/eip.v0i2(89).2944

## АНАЛІЗ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ЕКСПОРТУ НА ПРИКЛАДІ ЛИТВИ: ВПЛИВ ЦИКЛІЧНОЇ КОМПОНЕНТИ

Бєлов Олександр Віталійович\*, кандидат економічних наук, докторант  
ГО «Інститут соціально-економічних ініціатив»

Свистун Людмила Анатоліївна\*\*, кандидат економічних наук, доцент  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

\*ORCID 0000-0002-7910-8174

\*\*ORCID 0000-0002-6472-9381

© Бєлов О.В., 2023

© Свистун Л.А., 2023

Стаття отримана редакцією 13.06.2023 р.

The article was received by editorial board on 13.06.2023

**Вступ.** Забезпечення довгострокового стабільного економічного зростання в розвинених країнах світу ґрунтується насамперед на фундаменті, який формують їх наукомісткі галузі. До останніх відносять галузі високих технологій, такі як аерокосмічна, фармацевтична, телекомунікаційна, хімічна, а також електроніка, виробництво комп'ютерів та іншої офісної техніки, виробництво наукових інструментів, електричних машин, деяких видів неелектричних машин та озброєння. Тобто, це галузі, виробництво яких пов'язані з високою інтенсивністю НДДКР. Експорт високотехнологічної продукції є одним із індикаторів розвитку таких галузей [1]. Дана стаття є частиною великого дослідження чисельного впливу науково-технічного потенціалу країни на її стратегічний розвиток і передбачає аналіз динаміки виробництва й експорту високотехнологічної продукції в країнах світу.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** У сучасній науковій літературі вивчається вплив державної політики на розвиток високотехнологічного сектора в країні [2], зв'язок між інноваціями і просторовим розвитком [3], активно досліджується вплив цифровізації суспільства на експорт високотехнологічної продукції [4] та вплив останнього на економічне зростання Ізраїлю [5], Японії [6], Туреччини [7], Філіппін [8], країн Європейського Союзу [9], країн ОЕСД [10], групи країн Азії [11] та ін. З іншого боку, довгостроковий розвиток світової економіки має еволюційний характер, у межах якого періодично спостерігаються змінні хвилеподібні економічні процеси, пов'язані зі змінами ринкової кон'юнктури, цін, норм прибутку, рівня безробіття тощо. Вивченням таких хвиль займається теорія циклів. Проблеми теорії циклічності присвячені фундаментальні роботи Туган-Барановського М., Кондратьєва Н., Шумпетера Й. Для дослідження циклічних явищ в економіці сучасні науковці використовують модель векторної корекції помилок [12], модель динамічного фактора зі змінними в часі навантаженнями та стохастичною волатильністю [13], метод множинних масштабів [14] та ін. Однак питання циклічності в динаміці високотехнологічного експорту залишилися невивченими.

**Метою статті** є аналіз структури динаміки експорту високотехнологічної продукції, а саме виділення в даній динаміці наступних складових: рівномірне зростання; прискорене зростання; циклічне зростання. І розрахувати частку впливу циклічної складової на динаміку експорту високотехнологічної продукції, а також розглянути, як вона змінюється, якщо високотехнологічний експорт розглядати як частку всього промислового експорту і як частку ВВП, і загалом порівняти зі структурою динаміки ВВП країни в цілому.

**Методи дослідження.** Для вирішення цього завдання використовується метод кореляційно-регресійного аналізу з включенням в циклічну складову [15; 16]. Для аналізу М1-М5 (табл. 1) в порядку наростаючої складності було вибрано 5 типів моделей: проста лінійна модель, модель прискорення, лінійна модель з циклом, модель прискореного розвитку з одним циклом, а також модель прискореного розвитку з двома циклами. Під поняттям «прискорений розвиток» розуміємо прискорення руху від природничих наук, математично воно представлено у вигляді параметра  $c \cdot x^2$ , саме прискорення буде дорівнює 2с.

Таблиця 1

**Види економетричних моделей для регресійного аналізу високотехнологічної динаміки експорту**

Модель	Формула	Ім'я
<b>М1</b>	$y=a+b \cdot x$	Лінійних
<b>М2</b>	$y=a+b \cdot x+c \cdot x^2$	лінійний з прискоренням
<b>М3</b>	$y=a+b \cdot x+c \cdot \sin(d \cdot x+e)$	лінійний з циклом
<b>М4</b>	$y=a+b \cdot x+c \cdot x^2+d \cdot \sin(e \cdot x+f)$	лінійний з прискоренням & цикл
<b>М5</b>	$y=a+b \cdot x+c \cdot x^2+d \cdot \sin(e \cdot x+f)+g \cdot \sin(h \cdot x+i)$	лінійний з прискоренням & два цикли

*Джерело: складено авторами*

Економічні характеристики параметрів рівнянь регресії для моделей М1-М5 представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Економічна характеристика параметрів рівняння регресії**

Параметри моделі					Господарські характеристики	Одиниці
М1	М2	М3	М4	М5		
<b>Лінійна складова моделі – визначає лінійний тренд динаміки досліджуваного показника</b>						
a	a	a	a	a	Початковий рівень досліджуваного показника	\$US 2010
b	b	b	b	b	Середня швидкість зміни динаміки досліджуваного показника	\$US 2010/рік
<b>Нелінійні компоненти моделі:</b>						
<b>1. Прискорення</b>						
-	c	-	c	c	Середнє прискорення зміни динаміки досліджуваного показника	\$US 2010/рік <sup>2</sup>
<b>2. Цикли</b>						
-	-	$c \cdot \sin(d \cdot x + e)$	$d \cdot \sin(e \cdot x + f)$	$d \cdot \sin(e \cdot x + f)$	1-а гармонійна	\$ США 2010
-	-	c	d	d	Амплітуда циклічних коливань – максимальне відхилення	\$US 2010
-	-	d	i	i	Циклічна частота	радіан
-	-	i	f	f	Початкова фаза циклу	радіан
-	-	v1	v1	v1	Частота коливань	Разів
-	-	T1	T1	T1	Період коливань	рік
-	-	-	-	$g \cdot \sin(h \cdot x + i)$	2-а гармонійна	
-	-	-	-	g	Амплітуда циклічних коливань – максимальне відхилення	\$US 2010
-	-	-	-	h	Циклічна частота	радіан
-	-	-	-	i	Початкова фаза циклу	радіан
-	-	-	-	$\eta 2$	Частота коливань	Разів
-	-	-	-	T2	Період коливань	рік

*Джерело: складено авторами*

Алгоритм дослідження буде включати наступні етапи:

1. Знаходження параметрів обраних видів економіко-математичних моделей і порівняння їх статистичних характеристик для оцінки динаміки експорту високотехнологічної продукції.

2. Зіставлення отриманих результатів між собою і фактичних даних.
3. Окреме порівняння параметрів циклічної складової отриманих моделей.
4. Вибір кращої економіко-математичної моделі для оцінки динаміки експорту високотехнологічної продукції, її аналіз та економічна інтерпретація.
5. Виявлення частки впливу циклічної складової в даній моделі.
6. Пункти 1-5 для високотехнологічного експорту (% від експорту промислової продукції).
7. Пункти 1-5 для високотехнологічного експорту (% ВВП).
8. Пункти 1-5 для ВВП.
9. Пункти 1-5 для експорту промислової продукції.
10. Оцінка впливу циклічних компонентів на динаміку цих показників і між собою.

**Основний матеріал і результати.** У даній статті дослідження буде проведено на прикладі Литви. Литва є членом Європейського Союзу і займає 40-е місце серед 217 країн за обсягом високотехнологічного експорту у 2020 році, а частка її продукції на світовому ринку високотехнологічного експорту становить 0,09%. Вихідні дані представлені в табл. 3.

Таблиця 3

**Динаміка ВВП, Експорт високих технологій, його частки в промисловому експорті та ВВП**

Рік	Експорт високих технологій (млрд дол. США в цінах 2010)	Експорт високих технологій (% від експорту промислової продукції)	Високотехнологічний експорт (% ВВП)	ВВП (млрд дол. США в цінах 2010)	Експорт промислової продукції (млрд дол. США в цінах 2010)
2007	1,3174	11,4980	3,1802	41,4266	11,4581
2008	1,6128	11,8278	3,2363	49,8341	13,6354
2009	0,9757	10,6030	2,5711	37,9489	9,2021
2010	1,2632	11,2465	3,4021	37,1287	11,2315
2011	1,5366	10,6061	3,6339	42,2835	14,4874
2012	1,6344	11,0381	3,9882	40,9803	14,8069
2013	1,7935	11,0225	4,0988	43,7568	16,2715
2014	1,9535	11,1386	4,3121	45,3032	17,5384
2015	1,7791	12,7802	4,6333	38,3972	13,9205
2016	1,7820	12,6394	4,5597	39,0818	14,0990
2017	2,0605	12,5773	4,8524	42,4632	16,3825
2018	2,1951	12,1009	4,6808	46,8953	18,1396
2019	2,1553	12,0296	4,6198	46,6527	17,9164
2020	2,2039	12,0088	4,6317	47,5831	18,3526

*Джерело: власні розрахунки на основі даних [17]*

У зв'язку з тим, що у вересні 2019 року визначення в базі даних показників світового розвитку було оновлено до SITC Rev.4 з SITC Rev. 3., дані щодо показників «експорт високих технологій» та «частка експорту технологічної продукції в експорті промислової продукції» (високотехнологічний експорт (% від експорту промислової продукції)) на сайті Світового банку [17] доступні тільки з 2007 року. З цього ж сайту були взяті дані про динаміку ВВП за той же період. Очистку статистики від інфляції було здійснено шляхом конвертації в ціни в 2010 році – за даними сайту про інфляцію в США [18]. Динаміка частки експорту високотехнологічної продукції у ВВП була розрахована автором на основі наведених вище даних.

Знаходження параметрів економіко-математичних моделей згідно таблиці 1 виконано з допомогою програмного пакету для аналізу даних «кресплатформне рішення для розрахунку кривих і аналізу даних» – CurveExpert 1.38.

Як бачимо, коефіцієнт кореляції збільшується в міру ускладнення типу моделі. Звичайна лінійна модель (M1) має  $K \text{ cor } 0,88$ , а лінійна з прискоренням і з урахуванням двох гармонік (M5) А корона, що дорівнює  $0,94$  (табл. 4). Слід зазначити, що моделі M4, M5, тобто моделі, що враховують циклічні компоненти, дають найвищі значення коефіцієнта кореляції, що свідчить про наявність коливальних процесів в динаміці високотехнологічного експорту в даній країні. А також, це означає, що динаміка

Таблиця 4

**Розрахунок параметрів економетричних моделей, що оцінюють динаміку експорту високотехнологічної продукції Литви в 2007–2020 рр.**

	M1	M2	M3	M4	M5
Coefficient I	a =1,1418 b =0,0788	a =1,1799 b =0,0646 c =0,0010	a =1,1188 b =0,0793 c =0,1447 d =1,1338 e =0,0246	a =1,0580 b =0,1044 c =-0,0017 d =0,1676 e =1,1751 f =0,7109	a =1,0598 b =0,1041 c =-0,0017 d =0,0829 e =1,0921 f =0,4516 g =0,0829 h =1,0920 i =0,4509
Standard Error	0,1811	0,1885	0,1582785	0,2084297	0,2076100
Correlation Coefficient	0,8844	0,8853	0,9355474	0,8987243	0,9384877
Comments:			The fit converged to a tolerance of 0.1 in 2 iterations. No weighting used.	The fit converged to a tolerance of 0.1 in 4 iterations. No weighting used.	The fit converged to a tolerance of 0.1 in 3 iterations. No weighting used.

*Джерело: складено авторами*

високотехнологічного експорту Литви в 2007–2020 роках характеризувалася як лінійним трендом, так і наявністю прискорення (в даному випадку воно має негативне значення, яке характеризує уповільнення в розвитку) і циклічною складовою.

Таблиця 5 дає нам можливість оцінити прогностні значення високотехнологічного експорту на три роки до 2023 року. Моделі (M1, M2, M3, M4 і M5) показують прогнозоване зростання високотехнологічного експорту в 2023 році з 2,363 до 2,552 млрд доларів США в 2010 році.

Таблиця 5

**Прогноз динаміки експорту високотехнологічної продукції Литви за отриманими моделями**

Year	M1	M2	M3	M4	M5	Y
2007	1,221	1,245	1,331	1,320	1,328	1,317
2008	1,299	1,313	1,386	1,273	1,342	1,613
2009	1,378	1,382	1,316	1,207	1,265	0,976
2010	1,457	1,453	1,293	1,320	1,284	1,263
2011	1,536	1,526	1,435	1,587	1,477	1,537
2012	1,615	1,602	1,669	1,789	1,732	1,634
2013	1,694	1,678	1,818	1,783	1,866	1,794
2014	1,772	1,757	1,800	1,677	1,822	1,954
2015	1,851	1,838	1,728	1,697	1,733	1,779
2016	1,930	1,921	1,777	1,912	1,776	1,782
2017	2,009	2,005	1,981	2,145	1,981	2,060
2018	2,088	2,092	2,197	2,193	2,202	2,195
2019	2,167	2,180	2,267	2,078	2,269	2,155
2020	2,245	2,270	2,202	2,015	2,177	2,204
2021	2,324	2,362	2,168	2,154	2,087	
2022	2,403	2,456	2,296	2,390	2,155	
2023	2,482	2,552	2,530	2,496	2,363	

*Джерело: власні розрахунки авторів*

Порівняння отриманих моделей і прогнозів представлено на рис. 1. Представлено методичне твердження 4, згідно з яким  $Y$  посилається на фактичні дані, а рядки показують тенденції розрахункових закономірностей.

З урахуванням коефіцієнтів кореляції виберемо для подальшого аналізу модель з її найбільшим значенням – M5. В економічному сенсі це означає, що існує два цикли.

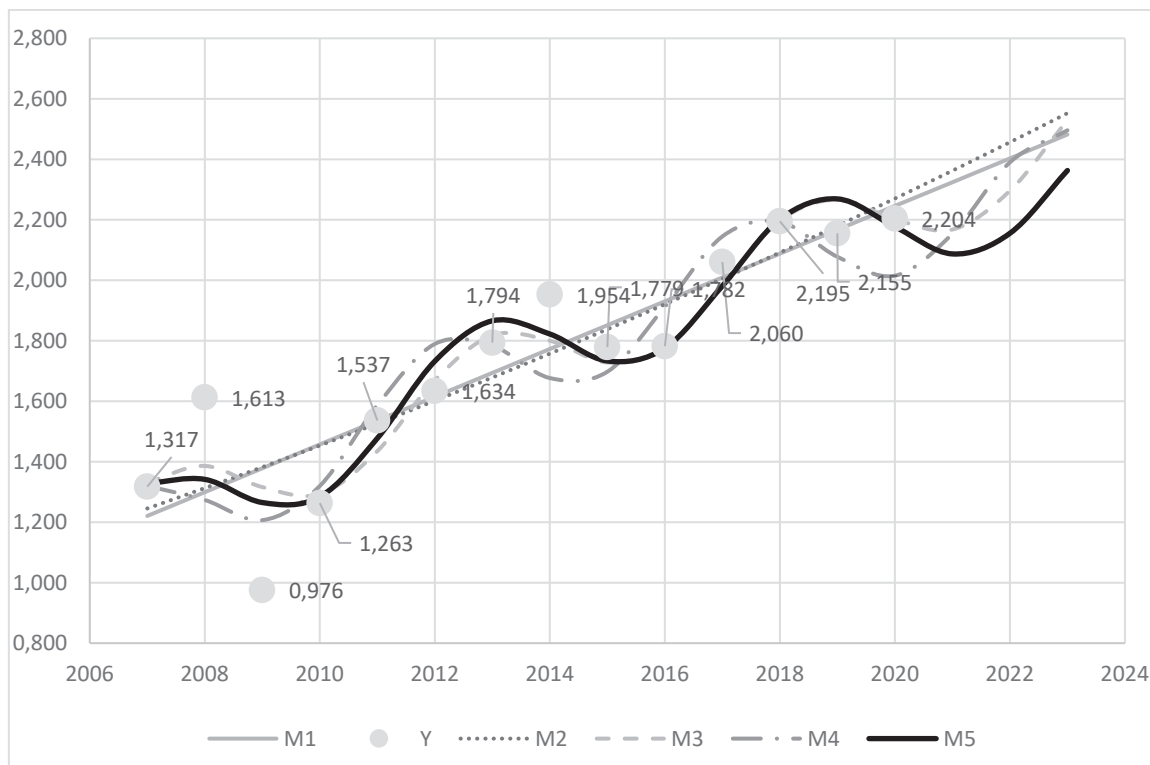


Рис. 1. Порівняння отриманих моделей та прогноз динаміки експорту високотехнологічної продукції Литви до 2023 року

Порівняння циклічних характеристик в моделях M3-M5 наведені в таблиці 6.

Таблиця 6

Характеристика циклічної складової досліджуваних моделей (M3-M5)

Параметр	M3	M4	M5 (1-й)	M5 (2-й)
Кутова частота, радіани	1,134	1,175	1,092	1,092
Періодичність, час у році	0,180	0,187	0,174	0,174
Період, роки	5,542	5,347	5,753	5,754
Фаза, радіани	0,025	0,711	0,452	0,451
Зміщення, частка періоду	0,004	0,113	0,072	0,072
Залік, років	0,022	0,605	0,413	0,413
Зміщення, міс.	0,3	7,3	5,0	5,0
Амплітуда, млрд дол. США в цінах 2010	0,145	0,168	0,083	0,083

Джерело: власні розрахунки авторів

З результатів таблиці 6 бачимо, що розрахунки давали в деяких випадках негативні значення циклічної частоти  $i$ , відповідно, періоду коливань. На даному етапі дослідження для визначення економічного змісту параметрів отриманих моделей візьмемо значення періоду модуля коливань. Моделі показують наявність коливань динаміки високотехнологічного експорту Литви, але з різними періодами і початковими зрушеннями щодо точки (року) початку спостереження.

Виходячи з проведених розрахунків, ми вибираємо модель M5 як модель, яка найкращим чином описує динаміку експорту високотехнологічної продукції Литви у 2007–2020 роках.

Щоб зрозуміти, як циклічна складова впливає на динаміку високотехнологічного експорту, розрахуємо вплив кожної зі складових моделі M5 в абсолютних (табл. 7) і відносних (табл. 8) значеннях, а також похибку (відхилення) розрахункових значень від фактичних.

Таблиця 7

**Аналіз структури моделі M5 динаміки НtЕ в константі 2010 млрд дол**

Year	a	bx	cx <sup>2</sup>	d*sin(e*x+f)	g*sin(h*x+i)	Yteor	Y	Δ
2007	1,0598	0,1041	-0,0017	0,0829	0,0829	1,3280	1,3174	-0,0106
2008	1,0598	0,2082	-0,0068	0,0402	0,0403	1,3416	1,6128	0,2712
2009	1,0598	0,3123	-0,0154	-0,0459	-0,0458	1,2650	0,9757	-0,2893
2010	1,0598	0,4165	-0,0274	-0,0825	-0,0825	1,2839	1,2632	-0,0208
2011	1,0598	0,5206	-0,0428	-0,0301	-0,0302	1,4773	1,5366	0,0592
2012	1,0598	0,6247	-0,0616	0,0548	0,0547	1,7323	1,6344	-0,0979
2013	1,0598	0,7288	-0,0838	0,0805	0,0806	1,8659	1,7935	-0,0723
2014	1,0598	0,8329	-0,1095	0,0194	0,0196	1,8222	1,9535	0,1313
2015	1,0598	0,9370	-0,1385	-0,0626	-0,0625	1,7331	1,7791	0,0459
2016	1,0598	1,0411	-0,1710	-0,0771	-0,0772	1,7756	1,7820	0,0064
2017	1,0598	1,1453	-0,2069	-0,0084	-0,0086	1,9811	2,0605	0,0794
2018	1,0598	1,2494	-0,2463	0,0694	0,0693	2,2015	2,1951	-0,0065
2019	1,0598	1,3535	-0,2890	0,0723	0,0724	2,2690	2,1553	-0,1137
2020	1,0598	1,4576	-0,3352	-0,0028	-0,0025	2,1769	2,2039	0,0270
2021	1,0598	1,5617	-0,3848	-0,0749	-0,0748	2,0871		
2022	1,0598	1,6658	-0,4378	-0,0662	-0,0663	2,1553		
2023	1,0598	1,7699	-0,4943	0,0139	0,0136	2,3630		

Джерело: власні розрахунки авторів

У таблиці 8 також розраховуються такі параметри, як середнє, медіанне, максимальне і мінімальне для кожної з складових. Потрібно сказати, що, з огляду на природу циклічної складової, значення середнього і медіани будуть близько нуля, що не дає нам інформації про їх вплив. При цьому значення максимуму і мінімуму показують нам сферу впливу, який надає циклічна складова на динаміку високотехнологічного експорту.

Таблиця 8

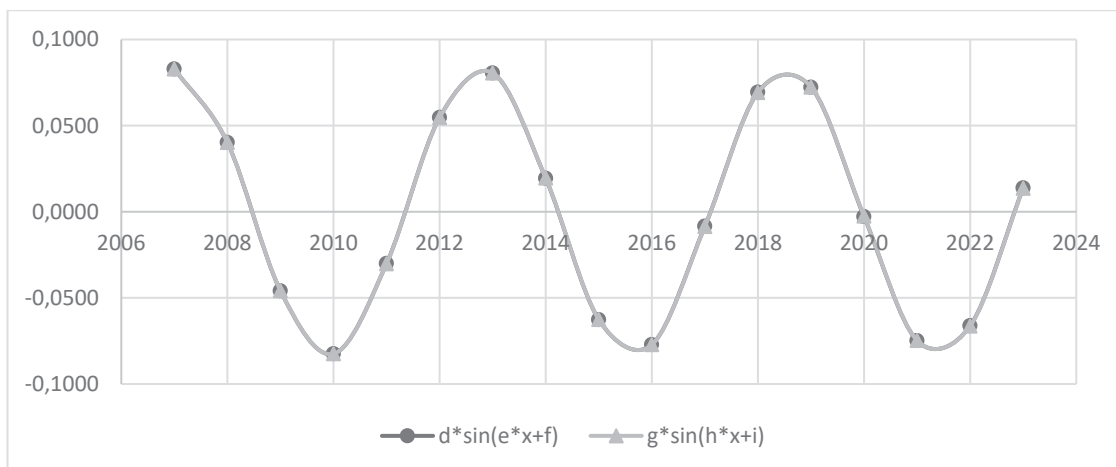
**Аналіз структури моделі M5 динаміка НtЕ в %**

Year	a	bx	cx <sup>2</sup>	d*sin(e*x+f)	g*sin(h*x+i)	Yteor	Y	Δ
2007	80,4%	7,9%	-0,1%	6,3%	6,3%	100,8%	100,0%	-0,8%
2008	65,7%	12,9%	-0,4%	2,5%	2,5%	83,2%	100,0%	16,8%
2009	108,6%	32,0%	-1,6%	-4,7%	-4,7%	129,7%	100,0%	-29,7%
2010	83,9%	33,0%	-2,2%	-6,5%	-6,5%	101,6%	100,0%	-1,6%
2011	69,0%	33,9%	-2,8%	-2,0%	-2,0%	96,1%	100,0%	3,9%
2012	64,8%	38,2%	-3,8%	3,4%	3,3%	106,0%	100,0%	-6,0%
2013	59,1%	40,6%	-4,7%	4,5%	4,5%	104,0%	100,0%	-4,0%
2014	54,2%	42,6%	-5,6%	1,0%	1,0%	93,3%	100,0%	6,7%
2015	59,6%	52,7%	-7,8%	-3,5%	-3,5%	97,4%	100,0%	2,6%
2016	59,5%	58,4%	-9,6%	-4,3%	-4,3%	99,6%	100,0%	0,4%
2017	51,4%	55,6%	-10,0%	-0,4%	-0,4%	96,1%	100,0%	3,9%
2018	48,3%	56,9%	-11,2%	3,2%	3,2%	100,3%	100,0%	-0,3%
2019	49,2%	62,8%	-13,4%	3,4%	3,4%	105,3%	100,0%	-5,3%
2020	48,1%	66,1%	-15,2%	-0,1%	-0,1%	98,8%	100,0%	1,2%
Average	64,4%	42,4%	-6,3%	0,2%	0,2%	100,9%	100,0%	-0,9%
Me	59,5%	41,6%	-5,1%	0,4%	0,4%	100,0%	100,0%	0,0%
Max	108,6%	66,1%	-0,1%	6,3%	6,3%	129,7%	100,0%	16,8%
Min	48,1%	7,9%	-15,2%	-6,5%	-6,5%	83,2%	100,0%	-29,7%

Джерело: власні розрахунки авторів

На прикладі Литви спостерігається наступна картина: Циклічна складова робить істотний вплив на загальну динаміку високотехнологічного експорту в цій країні. Так, перша гармоніка впливає на діапа-

зон від -6, 5% до + 6, 3%, але найближчим часом відбудеться зниження негативного впливу. Знак мінус вказує на негативний вплив, тобто зменшення обсягів високотехнологічного експорту. Друга гармоніка має таку ж синхронну дію від -6, 5 % до +6,3%. Тобто гармоніки перекривають вплив один одного протягом усього розглянутого періоду (рис. 2).



**Рис. 2. Порівняння циклічних складових динаміки високотехнологічного експорту між собою**

Таблиця 8 дозволяє оцінити вплив кожного компонента моделі 5 на динаміку високотехнологічного експорту Литви. Високотехнологічний експорт Литви 1) має деяку постійну основу (а), що є важливою позитивною складовою. Звертаючись до конкретних фактів, можна припустити, що вона, швидше за все, визначається довгостроковими договорами поставки зі своїми діловими партнерами; 2) має певні постійні темпи зростання, вплив яких на динаміку лінійно зростає. Можна припустити, що це так звані бізнес-плани – проекти по розширенню експорту з року в рік з території цієї країни, впровадження нових видів, видів і т. Д. Високотехнологічна продукція – лінійне зростання; 3) фактори, що гальмують динаміку – вплив яких зростає в геометричній прогресії – факторів може бути багато – зниження кваліфікації працівників, зміна кон'юнктури ринку на постійній основі протягом усього досліджуваного періоду, технологічні труднощі, дія адміністративних законів і нормативних актів, що уповільнюють експорт, постійне зростання впливу конкурентів, насичення ринку і т.д.; 4) циклічні фактори такі ж, як і в пункті 3, але вже розвиваються циклічно; 5) випадкові фактори – все інше в основному випадкові події – нещасні випадки, помилки в логістиці, виробництві, фінансових потоках, психології та ін.

Аналіз впливу циклічної складової на високотехнологічний експорт за обраною регресійною моделлю проведемо за допомогою наступних таблиць.

Базовий рівень високотехнологічного експорту дорівнює 1,060 постійного 2010 млрд дол., що становить від 48,09% до 108,62% його динаміки за досліджуваний період. Лінійна швидкість експорту високих технологій забезпечує від 0,104 до 1,458 постійного 2010 млрд дол., що становить від 7,90% до 66,14% його динаміки за досліджуваний період. Прискорення експорту високих технологій забезпечує від -0,335 до -0,002 постійного 2010 млрд дол., що становить від -15,21% до -0,13% його динаміки за досліджуваний період.

Лінійна складова динаміки  $(a+bx)$  високотехнологічного експорту забезпечує від 1,164 до 2,517 постійного 2010 млрд дол., що становить від 78,62% до 140,63% його динаміки за досліджуваний період. Разом з прискоренням лінійна складова  $(a+bx+cx^2)$  високотехнологічного експорту забезпечує від 1,162 до 2,182 постійного 2010 млрд доларів США, що становить від 78,20% до 139,05% його динаміки за досліджуваний період. 1-а гармоніка високотехнологічного експорту забезпечує від -0,082 до 0,083 постійного 2010 млрд дол., що становить від -6,53% до 6,29% його динаміки за досліджуваний період. 2-га гармоніка високотехнологічного експорту забезпечує від -0,082 до 0,083 постійного 2010 млрд дол., що становить від -6,53% до 6,29% його динаміки за досліджуваний період.

Сумарний вплив циклічної складової високотехнологічного експорту забезпечує від -0,165 до 0,166 постійного 2010 млрд дол., що становить від -13,06% до 12,59% його динаміки за досліджуваний період. Вплив інших факторів наступний. Високотехнологічний експорт пояснює від -0,289 до

Таблиця 9

**Аналіз впливу різних компонентів на динаміку НТЕ в млрд доларів США в цінах 2010 р.**

Рік	Лінійна	Нелінійна	Циклічна	Разом лінійна та нелінійна компоненти
2007	1,1639	-0,0017	0,1658	1,1622
2008	1,2680	-0,0068	0,0804	1,2612
2009	1,3721	-0,0154	-0,0917	1,3567
2010	1,4762	-0,0274	-0,1649	1,4489
2011	1,5804	-0,0428	-0,0603	1,5376
2012	1,6845	-0,0616	0,1094	1,6229
2013	1,7886	-0,0838	0,1611	1,7048
2014	1,8927	-0,1095	0,0390	1,7832
2015	1,9968	-0,1385	-0,1252	1,8583
2016	2,1009	-0,1710	-0,1543	1,9299
2017	2,2050	-0,2069	-0,0170	1,9981
2018	2,3092	-0,2463	0,1386	2,0629
2019	2,4133	-0,2890	0,1447	2,1242
2020	2,5174	-0,3352	-0,0053	2,1822
2021	2,6215	-0,3848	-0,1496	2,2367
2022	2,7256	-0,4378	-0,1325	2,2878
2023	2,8297	-0,4943	0,0275	2,3355

*Джерело: власні розрахунки авторів*

Таблиця 10

**Структура впливу різних компонентів на динаміку НТЕ**

Рік	Лінійна	Нелінійна	Циклічна	Разом лінійна та нелінійна компоненти
2007	88,3%	-0,1%	12,6%	88,2%
2008	78,6%	-0,4%	5,0%	78,2%
2009	140,6%	-1,6%	-9,4%	139,1%
2010	116,9%	-2,2%	-13,1%	114,7%
2011	102,9%	-2,8%	-3,9%	100,1%
2012	103,1%	-3,8%	6,7%	99,3%
2013	99,7%	-4,7%	9,0%	95,1%
2014	96,9%	-5,6%	2,0%	91,3%
2015	112,2%	-7,8%	-7,0%	104,5%
2016	117,9%	-9,6%	-8,7%	108,3%
2017	107,0%	-10,0%	-0,8%	97,0%
2018	105,2%	-11,2%	6,3%	94,0%
2019	112,0%	-13,4%	6,7%	98,6%
2020	114,2%	-15,2%	-0,2%	99,0%
Min	78,6%	-15,2%	-13,1%	78,2%
Max	140,6%	-0,1%	12,6%	139,1%

*Джерело: власні розрахунки авторів*

0,271 млрд дол., що становить від -29,65% до 16,81% його динаміки за досліджуваний період. Оскільки швидкість  $b$  більше нуля, спостерігається зростання динаміки експорту високих технологій. Оскільки прискорення менше нуля, спостерігається уповільнення динаміки експорту високих технологій.

Амплітуда 1-ї гармоніки більше нуля, тоді можна говорити про початковий позитивний вплив циклічного фактора на динаміку високотехнологічного експорту Він стане негативним через 0, 25 періоду, тобто через 1, 44 року, а найбільш негативним він стане через 0, 5 періоду, тобто через 2, 88 року. Амплітуда 2-ї гармоніки більше нуля, тоді можна говорити про початковий позитивний вплив циклічного фактора на динаміку експорту високих технологій Він стане негативним через 0,25 періоду, тобто через 1,44 року, а найбільш негативним він стане через 0,5 періоду, тобто через 2,88 року.



Початкова фаза 1-ї гармоніки більше нуля, тоді можна сказати, що наступ циклічного компонента зміщується на 0, 41 року або, еквівалентно, на 4, 96 місяця після початку спостереження. Початкова фаза 2-ї гармоніки більше нуля, тоді можна сказати, що наступ циклічного компонента зміщується на 0, 41 року або, еквівалентно, на 4, 96 місяця після початку спостереження.

Порівнюємо циклічні складові динаміки високотехнологічного експорту, частку високотехнологічного експорту в загальному обсязі промислового експорту (експорту промислової продукції), частку високотехнологічного експорту у ВВП країни і сам ВВП і вироблений експорт (табл. 11).

Ще раз повторимося, оскільки за деякими показниками були отримані негативні значення періоду коливаних і оскільки економічний сенс негативних частот коливаних переходить у визначення напрямку цих коливаних, а математично синусоїдна функція замінюється косинусом, то, на даному етапі дослідження, ми умовно будемо враховувати частоту і період коливаних тільки за модулем.

Які фактори можуть створити циклічний вплив? Виключається інфляція (розрахунки проводяться в цінах 2010 року) і сезонні коливання (дані беруться в цілому за рік, а не квартал). Коливання високотехнологічного експорту являють собою сукупність галузей – аерокосмічної, приладобудівної, інформаційних технологій і фармацевтики – найбільш наукомістких галузей. Ці цикли можуть відображати, з одного боку, життєвий цикл створення і впровадження і виходу на світовий ринок нових видів високотехнологічних товарів і, з іншого боку, кон'юнктуру ринку, попит на цю продукцію з боку національних виробників.

Можна відзначити, що в динаміці високотехнологічного експорту спостерігається помірний вплив циклічних складових, сумарний зважений ефект яких знаходиться в межах від -13, 06% до 12, 59%. Ці цикли мають періоди коливаних 5, 8 і 5, 8 років, що свідчить про вплив середньострокових процесів. Початкові фази коливаних – 0,41 і 0,41 року, тобто коливальна складова 1-ї гармоніки стала впливати на динаміку високотехнологічного експорту приблизно з 2007 року, а 2-ї – з 2007 року.

Наступний показник – частка високотехнологічного експорту в загальному обсязі промислового експорту країни. Тут ми спостерігаємо менший ступінь часткового впливу циклічних компонентів на динаміку показника: від -2,85% до 2,62% (1-а гармонічна), і від -3,54% до 3,37% (2-я гармонічна). Але даючи при поєднанні збільшення циклів в 1, 9 рази, яке коливалось від -5, 98% до 5, 99% впливу на загальну динаміку.

Періоди коливаних обох гармонік становили 9, 21 і 8, 45 року. Таким чином, частка високотехнологічного в загальному обсязі промислового експорту менше схильна до циклічних коливаних, ніж його абсолютна зміна.

Якщо розглянути динаміку частки високотехнологічного експорту у ВВП країни (також очищеної від інфляційних процесів, шляхом конвертації в ціни 2010 року), то ми виявимо, що по відношенню до ВВП коливальні явища мали в 3,4 рази більший вплив, ніж на динаміку абсолютних значень, з -40,08% до 46,80%. Коливання гармонік мали різні періоди 7, 5 і 23, 8 року, а амплітуди коливаних 0, 1 і 2, 1, що говорить про більш сильному впливі 2-ї гармоніки, ніж 1-ї.

Промисловий експорт також схильний до циклічних коливаних, як і його високотехнологічний експорт. Причому негативний вплив циклічного компонента в 0, 55 рази менше і досягає -23, 89%, а позитивний вплив в 1, 33 рази більше і досягає 16, 72%.

**Висновки.** Таким чином, вищенаведене дослідження показало наявність циклічних складових в динаміці високотехнологічного експорту за 2007-2020 роки з періодами 5, 8 і 5, 8 року. Також були встановлені циклічні складові в динаміці таких похідних показників як: частка високотехнологічного експорту в загальному обсязі промислового експорту (дві гармоніки з періодами 9, 2 і 8, 5 року) і частка у ВВП країни (дві гармоніки з періодами 7, 5 і 23, 8 року). Це говорить про те, що відносні показники коливаються повільніше, ніж абсолютний показник.

Загальний зважений вплив циклічної складової на динаміку високотехнологічного експорту значний: від -13,06% до 12,59%. Слід зазначити, що негативний вплив більше позитивного на 0, 5%. Сумарний зважений вплив циклічної складової на динаміку частки високотехнологічного в промисловому експорті в середньому менше, ніж вплив в динаміці його абсолютного значення в 2,1 рази, а у ВВП більше впливу в динаміці його абсолютного значення в 3,4 рази.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з вивченням масиву факторів, розрахунком їх циклічних характеристик і виявленям тих, які мають аналогічний період, фазову і циклічну частоту і впливають на динаміку високотехнологічного експорту. Загалом отримані результати мають практичне значення для формування державної політики підтримки науково-технологічного розвитку країни в контексті подальшої євроінтеграції.

Аналіз впливу циклічної складової на динаміку досліджуваних показників

Параметр	Експорт високих технологій (млрд дол. США в цінах 2010 р.)	Експорт високих технологій (% від експорту промислової продукції)	Високо-технологічний експорт (% ВВП)	ВВП (млрд дол. США в цінах 2010 р.)	Експорт промислової продукції (млрд дол. США в цінах 2010 р.)
<b>1-я губна гармоніка</b>					
Циклічна частота, радіани	1,09	0,68	0,84	1,26	2,024
Періодичність, час у році	0,17	0,11	0,13	0,20	0,322
Період, роки	5,75	9,21	7,49	4,99	3,105
Фаза, радіани	0,45	3,73	-7,22	-1,37	-8,310
Зміщення, частка періоду	0,07	0,59	-1,15	-0,22	-1,323
Залік, років	0,41	5,47	-8,61	-1,09	-4,107
Зміщення, міс.	4,96	65,58	-103,27	-13,07	-49,278
Амплітуда	0,08	-0,32	0,07	6,17	1,277
Вплив на динаміку, макс, %	6,29%	2,62%	2,69%	12,95%	8,57%
Вплив на динаміку, хв, %	-6,53%	-2,85%	-1,64%	-15,38%	-10,89%
<b>2-я губна гармоніка</b>					
Циклічна частота, радіани	1,09	0,74	0,26	1,41	1,054
Періодичність, час у році	0,17	0,12	0,04	0,22	0,168
Період, роки	5,75	8,45	23,85	4,47	5,959
Фаза, радіани	0,45	3,87	5,37	0,38	22,636
Зміщення, частка періоду	0,07	0,62	0,85	0,06	3,603
Залік, років	0,41	5,21	20,38	0,27	21,467
Зміщення, міс.	4,96	62,52	244,52	3,25	257,599
Амплітуда	0,08	-0,39	2,09	3,78	-1,935
Вплив на динаміку, макс, %	6,29%	3,37%	45,40%	9,23%	16,75%
Вплив на динаміку, хв, %	-6,53%	-3,54%	-39,87%	-9,88%	-17,04%
Сумарний вплив циклічної складової на динаміку показника, макс, %					
Сумарний вплив циклічної складової на динаміку показника, хв, %					
Сумарний зважений вплив циклічної складової на динаміку показника, макс, %					
Сумарний зважений вплив циклічної складової на динаміку показника, хв, %					

Джерело: власні розрахунки авторів

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

- Сгоров І.Ю., Одотюк І.В., Саліхова О.Б. Впровадження високих технологій в економіку України : наукова доповідь НАН України. Київ : ДУ «Інститут економіки і прогнозування НАН України», 2016.
- Yang B., Zhu S. Public funds in high-tech industries: A blessing or a curse. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2021. Vol. 83(C).
- Shcherbak V., Bryzhan I., Chevhanova V., Svistun L., Hryhoryeva O. Impact of forced migration on the sustainable development of rural territories. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2020. № 6(4). P. 481–496.
- Özsoy S. et al. The impact of digitalization on export of high technology products: A panel data approach. *J. Int. Trade Econ. Dev. Routledge*. 2022. Vol. 31. № 2. P. 277–298.
- Globalization and High Technology. The Israeli Economy from the Foundation of the State through the 21st Century / ed. Rivlin P. Cambridge : Cambridge University Press, 2010. P. 94–117.
- Marukawa T. Japan’s High-Technology Trade with China and Its Export Control. *J. East Asian Stud.* Cambridge University Press. 2013. Vol. 13. № 3. P. 483–501.
- Ege A., Ege A.Y. The Turkish economy and the challenge of technology: a trade perspective. *New Perspect. Turk.* Cambridge University Press. 2017. Vol. 57. P. 31–60.
- Garces E.J., Adriatico C.G. Correlates of High Technology Exports Performance in the Philippines: 5. *Open J. Soc. Sci. Scientific Research Publishing*. 2019. Vol. 7. № 5. P. 215–226.

9. Belov A., Svistun L., Ptashchenko L., Popova Y., Mammadov E.M. Analysis of High-Tech Trends in the Context of Management Tasks of State's Scientific and Technical Development. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) *Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022. Lecture Notes in Civil Engineering*. 2023. Vol. 299. Springer, Cham. P. 845–864.
10. Ersin Ö., Ustabaş A., Acar T. The nonlinear effects of high technology exports, R&D and patents on economic growth: a panel threshold approach to 35 OECD countries. *Romanian J. Econ. Forecast*. 2022. Vol. 25. P. 26–44.
11. Siddiqui A.A. echnology Intensive Exports and Growth of Asian Economies. *Indian Econ. J.* SAGE Publications India. 2022. Vol. 70. Issue 2. DOI: <https://doi.org/10.1177/00194662221082205>
12. Mandelman F.S., Rabanal P., Rubio-Ramírez J.F. & Vilán D. Investment-specific technology shocks and international business cycles: An empirical assessment. *Review of Economic Dynamics*. 2011. № 14(1). P. 136–155.
13. Gupta R., Ma J., Risse M. & Wohar M.E. Common business cycles and volatilities in US states and MSAs: The role of economic uncertainty. *Journal of Macroeconomics*. 2018. № 57. P. 317–337.
14. Li J., Ren Z. & Wang Z. Response of nonlinear random business cycle model with time delay state feedback. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. 2008. № 387(23). P. 5844–5851.
15. Олійник О.В. Циклічність відтворювального процесу в сільському господарстві. Харків : ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 2005.
16. Белов А.В., Свистун Л.А. Моделирование тенденций циклического развития рынка недвижимости. *Институційні засади функціонування економіки в умовах трансформації: Збірник наукових статей*. Монреаль, Канада : Видавництво «BREEZE», 2015. С. 268–271.
17. Показники світового розвитку. URL: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=TX.VAL.TECH.CD&country=> (дата звернення: 22.02.2023).
18. Таблиці річної та місячної інфляції Сполучених Штатів Америки. URL: <https://www.statbureau.org/en/united-states/inflation-tables> (дата звернення: 23.02.2023).

#### REFERENCES:

1. Yehorov I.Iu., Odotiuk I.V., Salikhova O.B. (2016) Implementation of high technologies in the economy of Ukraine: a scientific report, National Academy of Sciences of Ukraine, SI "Institute of Economics and of National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv.
2. Yang B., Zhu S. (2021) Public funds in high-tech industries: A blessing or a curse. *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 83(C).
3. Shcherbak V., Bryzhan I., Chevhanova V., Svistun L., Hryhoryeva O. (2020) Impact of forced migration on the sustainable development of rural territories. *Global Journal of Environmental Science and Management*, no. 6(4), pp. 481–496.
4. Özsoy S. et al. (2022) The impact of digitalization on export of high technology products: A panel data approach. *J. Int. Trade Econ. Dev. Routledge*, vol. 31, no. 2, pp. 277–298.
5. Globalization and High Technology (2010) The Israeli Economy from the Foundation of the State through the 21st Century / ed. Rivlin P. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 94–117.
6. Marukawa T. (2013) Japan's High-Technology Trade with China and Its Export Control. *J. East Asian Stud.* Cambridge University Press, vol. 13, no. 3, pp. 483–501.
7. Ege A., Ege A.Y. (2017) The Turkish economy and the challenge of technology: a trade perspective. *New Perspect. Turk.* Cambridge University Press, vol. 57, pp. 31–60.
8. Garces E.J., Adriatico C.G. (2019) Correlates of High Technology Exports Performance in the Philippines: 5. *Open J. Soc. Sci.* Scientific Research Publishing, vol. 7, no. 5, pp. 215–226.
9. Belov A., Svistun L., Ptashchenko L., Popova Y., Mammadov E.M. (2023) Analysis of High-Tech Trends in the Context of Management Tasks of State's Scientific and Technical Development. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) *Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 299. Springer, Cham., pp. 845–864.
10. Ersin Ö., Ustabaş A., Acar T. (2022) The nonlinear effects of high technology exports, R&D and patents on economic growth: a panel threshold approach to 35 OECD countries. *Romanian J. Econ. Forecast*, vol. 25, pp. 26–44.
11. Siddiqui A.A. (2022) Technology Intensive Exports and Growth of Asian Economies. *Indian Econ. J.* SAGE Publications India, vol. 70, issue 2. DOI: <https://doi.org/10.1177/00194662221082205>
12. Mandelman F.S., Rabanal P., Rubio-Ramírez J.F. & Vilán D. (2011) Investment-specific technology shocks and international business cycles: An empirical assessment. *Review of Economic Dynamics*, no. 14(1), pp. 136–155.
13. Gupta R., Ma J., Risse M. & Wohar M.E. (2018) Common business cycles and volatilities in US states and MSAs: The role of economic uncertainty. *Journal of Macroeconomics*, no. 57, pp. 317–337.
14. Li J., Ren Z., & Wang Z. (2008). Response of nonlinear random business cycle model with time delay state feedback. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, no. 387(23), pp. 5844–5851.
15. Олійник О.В. (2005) Cyclicity of the reproductive process in agriculture. Kharkiv: KhNAU named after V.V. Dokuchaiev.
16. Belov A.V. & Svystun L.A. (2015) Modeling trends in the cyclical development of the real estate market. *Institutional foundations of the functioning of the economy in the conditions of transformation: Collection of scientific articles*. Montreal, Canada: BREEZE Publishing House, pp. 268–271.
17. Indicators of world development. Available at: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=TX.VAL.TECH.CD&country=> (accessed 22 February 2023).
18. Annual and monthly inflation tables for the United States of America. Available at: <https://www.statbureau.org/en/united-states/inflation-tables> (accessed 23 February 2023).

УДК 339.5:519.25:330.4

JEL C49, C59, F17

**Белов Олександр Віталійович**, кандидат економічних наук, докторант, ГО «Інститут соціально-економічних ініціатив». **Свистун Людмила Анатоліївна**, кандидат економічних наук, доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». **Аналіз високотехнологічного експорту на прикладі Литви: вплив циклічної компоненти.**

У статті представлено авторську методіку для аналізу структури динаміки експорту високотехнологічної продукції як інструменту для державного регулювання у сфері інноваційного та науково-технічного розвитку. Методика розкриває економічний зміст та дозволяє виділити у структурі динаміки експорту високотехнологічної продукції наступні складові: рівномірне зростання; прискорене зростання; циклічне зростання. А також дозволяє розглянути, як змінюється частка впливу циклічної складової, якщо високотехнологічний експорт розглядати як частку всього промислового експорту і як частку ВВП, а також порівняти зі структурою динаміки ВВП країни в цілому. У роботі досліджується структура динаміки високотехнологічного експорту на прикладі Литви, що є відносно пізнім членом Європейського Союзу та країною, що зазнала перетворень в економіці після розпаду радянського союзу. Проведено аналіз високотехнологічного експорту в країні та інтерпретовано динаміку експорту високотехнологічної продукції та структуру зростання експорту з метою оцінки перспектив загального економічного зростання у країні. Високотехнологічний експорт у Литві має певні темпи зростання, вплив яких на динаміку лінійно зростає. Можна відзначити, що в динаміці високотехнологічного експорту спостерігається сильний вплив циклічних компонентів. Ці цикли мають періоди коливань 5,8 року, що свідчить про вплив короткочасних процесів. Цикли можуть відображати, з одного боку, життєвий цикл створення, впровадження і виходу на світовий ринок нових видів високотехнологічних товарів та, з іншого боку, кон'юнктуру ринку, попит на цю продукцію з боку національних виробників. Авторами були проаналізовані цикли в динаміці високотехнологічного експорту в Литві з періодом 5,8 року і розрахований рівень впливу циклічної складової на загальну тенденцію. Стаття є невід'ємною частиною дослідження, в якому також аналізуються інші країни з високим світовим рівнем високотехнологічного експорту за запропонованою авторською методикою.

**Ключові слова:** НДДКР, високотехнологічна продукція, експорт, математичне моделювання, динамічні показники.

UDC 339.5:519.25:330.4

JEL C49, C59, F17

**Aleksandr Belov**, PhD Economics, PO "Institute for Social and Economic Initiatives". **Lyudmyla Svystun**, PhD Economics, Associate Professor, National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic". **Analysis of high-tech exports on the example of Lithuania: influence of the cyclic component.**

The article proposes the author's methodology for analyzing the structure of the dynamics of the export of high-tech products as a tool for state regulation in the field of innovation and scientific and technical development. The methodology reveals the economic meaning and allows to distinguish the following components in the structure of the dynamics of the export of high-tech products: uniform growth; accelerated growth; cyclical growth. And it also allows us to consider how the share of the impact of the cyclical component changes, if high-tech exports are considered as a share of all industrial exports and as a share of GDP, and also compared with the structure of the country's GDP dynamics as a whole. The work examines the structure of the dynamics of high-tech exports on the example of Lithuania, which is a relatively late member of the European Union and a country that underwent economic transformations after the collapse of the Soviet Union. The analysis of high-tech exports in the country was carried out and the dynamics of high-tech exports and the structure of export growth were interpreted in order to assess the prospects for overall economic growth in the country. High-tech exports in Lithuania have certain constant growth rates, the influence of which on the dynamics increases linearly. It can be noted that in the dynamics of high-tech exports there is a strong influence of cyclical components. These cycles have oscillation periods of 5,8 years, which indicates the influence of short-term processes. Cycles can reflect, on the one hand, the life cycle of the creation, introduction and entry into the world market of new types of high-tech goods and, on the other hand, the market situation, the demand for these products from national manufacturers. The authors analyzed cycles in the dynamics of high-tech exports in Lithuania with a period of 5,8 years and calculated the level of influence of the cyclical component on the general trend. The article is an integral part of the study, which also analyzes other countries with a high global level of high-tech exports according to the author's proposed methodology.

**Key words:** R&D, high-tech products, export, mathematical modeling, dynamic indicators.