

MATHEMATICAL METHODS, MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN ECONOMY

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

DOI: 10.26906/EiR.2022.4(87).2811

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНОСТІ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ЕКСПОРТУ В НІМЕЧЧИНІ

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., 2022

© Свистун Л.А., 2022

Стаття отримана редакцією 29.11.2022 р.

The article was received by editorial board on 29.11.2022

Вступ. Останні десятиліття провідні країни світу реалізують стратегії розвитку, спрямовані на підтримку інновацій та зміцнення науково-технічного потенціалу. Сектор високих технологій та розвиток інновацій стають найважливішим фактором міцного зростання економік і в майбутньому визначатимуть рівень конкурентоспроможності країн.

Одним з показників конкурентоспроможності є рівень експорту високотехнологічної продукції як найбільш наукомісткої продукції економіки держави. Технологічні зусилля є вирішальним фактором підвищення продуктивності та міжнародної конкурентоспроможності. Про що свідчить досвід Німеччини, який ми розглядаємо. І хоча термін хай-тек вперше з'явився в 1960-х роках, спроби оцінити вплив науки і техніки на економічне зростання та визначити найбільш наукомісткі галузі були зроблені раніше такими вченими, як Дж. Бернал, М. Холланд і В. Спрагаген, у 1930-х роках. Хай-тек – це продукт із високою інтенсивністю науково-дослідної роботи, такий як аерокосмічна промисловість, комп'ютерні технології, фармацевтика, наукові прилади, електричне та оптичне обладнання.

Дана стаття є частиною великого загального дослідження чисельного впливу науково-технічного потенціалу країни на її сталий розвиток і входить в її першій частині з аналізу динаміки виробництва та експорту високотехнологічної продукції в різних країнах світу.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Проблеми формування та розвитку високотехнологічної продукції в економіці вже описані у різних наукових дослідженнях. Вітчизняні вчені В. Геєць, І. Єгоров, Л. Завідна, І. Матюшенко, І. Оdotюк, О. Прокопенко, О. Саліхова, Н. Шмиголь, О. Белов, Л. Свистун [1–7] та інші присвятили даній проблематиці свої праці, проводячи дослідження можливостей використання високих технологій у різних галузях економіки. Так, О. Прокопенко та А. Артюхов аналізують основні моделі трансферу технологій у Європі, США, Японії та Китаї та представляють провідні тенденції розвитку трансферу технологій у провідних країнах [4]. Дослідження А. Боттеги та Ж.П. Ромеро виявляють взаємозв'язок між інноваціями, показниками експорту та еластичністю торгівлі в різних секторах [8]. С. Санду та Б. Чіокенель оцінюють зв'язок між середньо- та високотехнологічним експортом на європейському рівні, з одного боку, та деякими основними детермінантами інновацій, з іншого боку. Результати їхнього дослідження підтверджують позитивну кореляцію між загальним обсягом витрат на НДДКР та рівнем високотехнологічного експорту з різною мінливістю між країнами [9]. Тема

ділових циклів в останні роки стає все більш актуальною в світовому науковому співтоваристві. Однак питання циклічності в динаміці високотехнологічного експорту залишилися невивченими.

Мета статті. Проаналізувати структуру динаміки експорту високотехнологічної продукції, а саме виділити в даній динаміці наступні складові: рівномірне зростання; прискорене зростання; циклічне зростання. Плануємо 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, а також порівняти зі структурою динаміки ВВП країни в цілому.

Методи дослідження. Для вирішення цього завдання використовується метод кореляційно-регресійного аналізу з включенням циклічної складової [10; 11]. Для аналізу (табл. 1) в порядку наростаючої складності було вибрано 5 типів моделей М1-М5: проста лінійна модель, модель прискорення, лінійна модель з циклом, модель прискореного розвитку з одним циклом, а також модель прискореного розвитку з двома циклами.

Таблиця 1

Види економетричних моделей для регресійного аналізу високотехнологічної динаміки експорту

Модель	Формула	Найменування
M1	$y=a+b*x$	лінійна
M2	$y=a+b*x+c*x^2$	лінійна з прискоренням
M3	$y=a+b*x+c*\sin(d*x+e)$	лінійна з циклом
M4	$y=a+b*x+c*x^2+d*\sin(e*x+f)$	лінійна з прискоренням й один цикл
M5	$y=a+b*x+c*x^2+d*\sin(e*x+f)+g*\sin(h*x+i)$	лінійна з прискоренням й два цикли

Джерело: складено авторами

Таблиця 2

Економічна характеристика параметрів рівняння регресії

Параметри моделі					Господарські характеристики	Одиниці
M1	M2	M3	M4	M5		
Лінійна складова моделі – визначає лінійний тренд динаміки досліджуваного показника						
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
Нелінійні компоненти моделі:						
1. Прискорення						
-	c	-	c	c	Середнє прискорення зміни динаміки досліджуваного показника	\$US 2010/рік ²
2. Цикли						
-	-	$c*\sin(d*x+e)$	$d*\sin(e*x+f)$	$d*\sin(e*x+f)$	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
-	-	-	-	$g*\sin(h*x+i)$	2-а гармонійна	
-	-	-	-	g	Амплітуда циклічних коливань – максимальне відхилення	\$US 2010
-	-	-	-	h	Циклічна частота	радіан
-	-	-	-	i	Початкова фаза циклу	радіан
-	-	-	-	η_2	Частота коливань	Разів
-	-	-	-	T2	Період коливань	рік

Джерело: складено авторами

Під поняттям «прискорений розвиток» розуміємо прискорення руху з природничих наук, математично воно представлено у вигляді параметра $c \cdot x^2$, саме прискорення буде дорівнює $2c$. Економічні характеристики параметрів рівнянь регресії для моделей М1-М5 представлені в таблиці 2.

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 (НТЕ).
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.

Емпіричний аналіз (результати)

Відбір вихідних даних

Дослідження буде проведено на прикладі Німеччини. Німеччина є лідером Євросоюзу. Країна з високорозвинутою постіндустріальною економікою і потужним науково-технічним потенціалом. Вихідні дані представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Динаміка ВВП, експорту високих технологій, його частки в промисловому експорті та ВВП

Рік	Експорт високих технологій (млрд дол. США у цінах 2010 р.)	Експорт високих технологій (% від експорту промислової продукції)	Високотехнологічний експорт (% ВВП)	ВВП (млрд дол. США у цінах 2010 р.)	Експорт промислової продукції (млрд дол. США у цінах 2010 р.)
2007	176,8743	15,4555	4,9479	3574,7498	1144,4076
2008	190,8208	15,0705	4,8868	3904,8423	1266,1909
2009	161,0605	16,7898	4,6517	3462,4301	959,2747
2010	179,5696	16,8849	5,2820	3399,6678	1063,4946
2011	196,4611	16,3375	5,3950	3641,5258	1202,5132
2012	193,5674	17,2215	5,7487	3367,1528	1123,9846
2013	196,8164	17,2943	5,6045	3511,7637	1138,0399
2014	201,2629	17,2060	5,5441	3630,2277	1169,7238
2015	184,8064	17,8212	5,9397	3111,3854	1037,0014
2016	186,1850	18,0793	5,9102	3150,2115	1029,8227
2017	173,5966	15,8079	5,2900	3281,6072	1098,1625
2018	182,9738	15,7445	5,2730	3470,0098	1162,1469
2019	177,5347	16,3847	5,3532	3316,4472	1083,5430
2020	153,4453	15,4996	4,7408	3236,6798	989,9935

Джерело: власні розрахунки на основі даних [12; 13]

У зв'язку з тим, що у вересні 2019 року визначення в базі даних показників світового розвитку було оновлено з SITC Rev. 3. до SITC Rev.4, дані щодо показників «експорт високих технологій» та «частка експорту технологічної продукції в експорті промислової продукції» на сайті Світового банку [13] 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 [12]. Динаміка частки експорту високотехнологічної продукції у ВВП була розрахована нами на основі наведених вище даних.

Аналіз та оцінка динаміки експорту високих технологій

Вибір економіко-математичної моделі

Знаходження параметрів економіко-математичних моделей згідно таблиці 1. виконано з допомогою програмного пакету для аналізу даних – CurveExpert 1.38.

Таблиця 4

Розрахунок параметрів економетричних моделей, що оцінюють динаміку експорту високотехнологічної продукції ФРН у 2007–2020 рр.

	M1	M2	M3	M4	M5
Coefficient I	a =188,5729 b =-0,8100	a =164,0647 b =8,3806 c =-0,6127	a =193,4681 b =-1,5036 c =13,9607 d =0,4386 e =10,4963	a =158,3827 b =10,4043 c =-0,7549 d =-8,9486 e =1,0636 f =3,8050	a =149,9154 b =12,4561 c =-0,8649 d =-82,3722 e =-1,3932 f =36,5308 g =83,2140 h =1,3564 i =-20,5310
Standard Error	13,7280	10,3058	10,7130969	9,2117477	8,4924350
Correlation Coefficient	0,2488	0,7179	0,7559959	0,8475889	0,9221805
Comments:			The fit converged to a tolerance of 0.001 in 16 iterations. No weighting used.	The fit converged to a tolerance of 0.001 in 25 iterations. No weighting used.	The fit converged to a tolerance of 0.001 in 206 iterations. No weighting used.

Джерело: складено авторами

Як бачимо, коефіцієнт кореляції збільшується в міру ускладнення типу моделі. Звичайна лінійна модель (M1) має $K_{кор}$ 0,24, а лінійна з прискоренням і з урахуванням двох гармонік (M5) – 0,92 (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 високотехнологічного експорту в Німеччині у 2007–2020 роках характеризувалася як лінійним трендом, так і наявністю прискорення (в даному випадку воно має негативне значення, що характеризує уповільнення в розвитку) і циклічною складовою.

Аналіз отриманих результатів

Таблиця 5 дає нам можливість оцінити прогностні значення високотехнологічного експорту на три роки – до 2023 року. Моделі (M2, M3, M4 і M5) демонструють прогнозоване зниження високотехнологічного експорту. Найбільш імовірний обсяг високотехнологічного експорту у 2023 році становитиме 136,9 млрд доларів США у цінах 2010 року.

Порівняння отриманих моделей і прогнозів представлено на рис. 1, згідно з яким під Y позначені фактичні дані, а лініями позначені тренди розрахункових моделей.

Порівняння параметрів циклічної складової отриманих моделей.

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

З результатів таблиці 6 видно, що розрахунки давали в деяких випадках негативні значення циклічної частоти і, відповідно, періоду коливальних. На даному етапі дослідження для визначення економічного змісту параметрів отриманих моделей візьмемо значення циклічної частоти та періоду коливальних за модулем. Моделі показують наявність коливальних динаміки високотехнологічного експорту в Німеччині з поступовим уточненням параметрів циклів: періодів, амплітуд і початкових переміщень щодо точки (року) початку спостереження.

Прогноз динаміки експорту високотехнологічної продукції ФРН за отриманими моделями

Year	M1	M2	M3	M4	M5	Y
2007	187,763	171,833	178,029	176,872	180,079	176,874
2008	186,953	178,375	177,485	179,248	182,924	190,821
2009	186,143	183,692	179,397	176,950	170,169	161,060
2010	185,333	187,784	183,119	179,160	175,166	179,570
2011	184,523	190,650	187,661	188,870	192,702	196,461
2012	183,713	192,291	191,879	199,807	199,435	193,567
2013	182,903	192,706	194,690	202,880	195,730	196,816
2014	182,093	191,897	195,278	195,537	194,653	201,263
2015	181,283	189,861	193,246	184,383	192,635	184,806
2016	180,473	186,600	188,694	178,392	182,416	186,185
2017	179,663	182,114	182,200	179,673	175,840	173,597
2018	178,853	176,403	174,708	181,304	181,885	182,977
2019	178,043	169,466	167,351	174,449	179,996	177,535
2020	177,233	161,303	161,238	157,448	151,343	153,445
2021	176,423	151,915	157,241	137,523	120,607	
2022	175,614	141,302	155,832	123,350	122,516	
2023	174,804	129,463	156,993	116,137	136,933	

Джерело: власні розрахунки

Вибір економіко-математичної моделі для оцінки динаміки експорту високотехнологічної продукції, її аналізу та економічної інтерпретації.

Виходячи з проведених вище розрахунків, ми обираємо модель M5 в якості моделі, яка найкращим чином описує динаміку експорту високотехнологічної продукції в Німеччині в 2007-2020 роках. В економічному сенсі це означає, що існує два цикли.

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

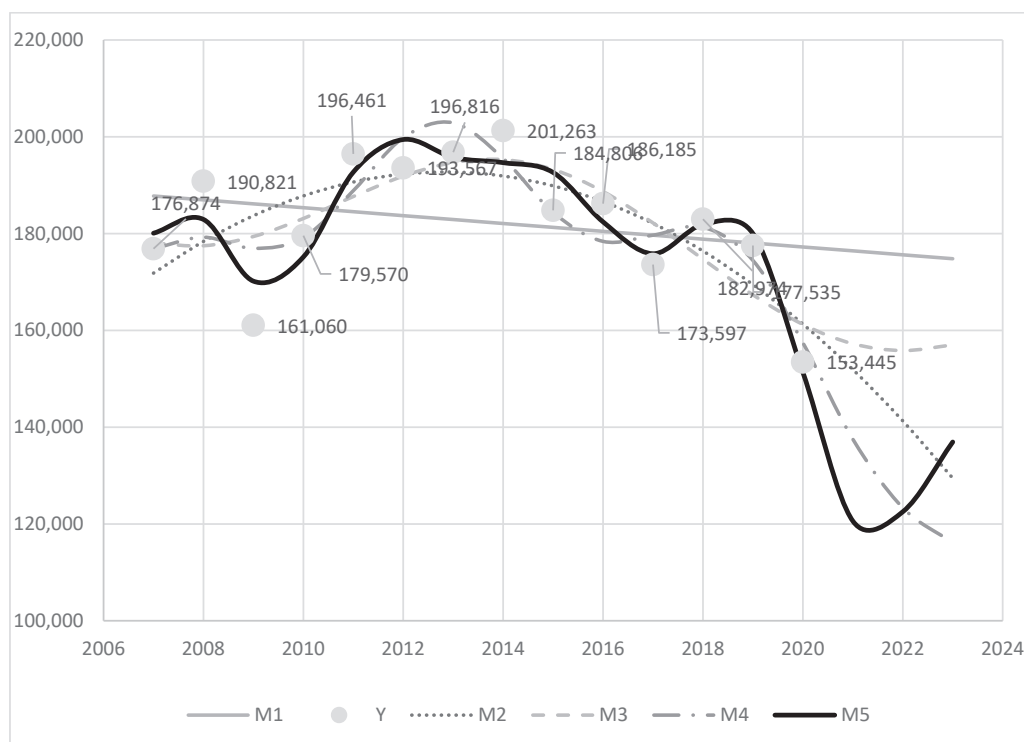


Рис. 1. Порівняння отриманих моделей та прогноз динаміки експорту високотехнологічної продукції ФРН до 2023 року

Таблиця 6

Характеристика циклічної складової досліджуваних моделей (М3-М5)

Параметр	М3	М4	М5 (1-й)	М5 (2-й)
Циклічна частота, радіани	0,439	1,064	-1,393	1,356
Періодичність, час у році	0,070	0,169	-0,222	0,216
Період, роки	14,326	5,908	-4,510	4,632
Фаза, радіани	10,496	3,805	36,531	-20,531
Зміщення, частка періоду	1,671	0,606	5,814	-3,268
Зміщення, років	23,932	3,578	-26,220	-15,136
Зміщення, міс.	287,2	42,9	-314,6	-181,6
Амплітуда, млрд доларів США 2010	13,961	-8,949	-82,372	83,214

Джерело: власні розрахунки

Таблиця 7

Аналіз структури моделі М5 динаміки НтЕ у постійних цінах 2010 р., млрд дол

Year	a	bx	cx ²	d*sin(e*x+f)	g*sin(h*x+i)	Yteor	Y	Δ
2007	149,9154	12,4561	-0,8649	45,1445	-26,5719	180,0792	176,8743	-3,2049
2008	149,9154	24,9121	-3,4596	-59,8430	71,3986	182,9236	190,8208	7,8972
2009	149,9154	37,3682	-7,7841	-66,2834	56,9532	170,1693	161,0605	-9,1088
2010	149,9154	49,8243	-13,8385	36,4290	-47,1640	175,1662	179,5696	4,4034
2011	149,9154	62,2803	-21,6226	79,1516	-77,0223	192,7024	196,4611	3,7587
2012	149,9154	74,7364	-31,1365	-8,4695	14,3897	199,4354	193,5674	-5,8680
2013	149,9154	87,1924	-42,3803	-82,1434	83,1454	195,7296	196,8164	1,0867
2014	149,9154	99,6485	-55,3538	-20,5468	20,9901	194,6534	201,2629	6,6094
2015	149,9154	112,1046	-70,0572	74,8855	-74,2138	192,6345	184,8064	-7,8281
2016	149,9154	124,5606	-86,4904	46,9993	-52,5693	182,4156	186,1850	3,7694
2017	149,9154	137,0167	-104,6533	-58,2835	51,8446	175,8399	173,5966	-2,2434
2018	149,9154	149,4728	-124,5461	-67,5873	74,6301	181,8849	182,9738	1,0889
2019	149,9154	161,9288	-146,1687	34,4089	-20,0882	179,9963	177,5347	-2,4615
2020	149,9154	174,3849	-169,5211	79,7419	-83,1780	151,3431	153,4453	2,1022
2021	149,9154	186,8409	-194,6033	-6,2409	-15,3055	120,6067		
2022	149,9154	199,2970	-221,4153	-81,9464	76,6653	122,5159		
2023	149,9154	211,7531	-249,9572	-22,7058	47,9278	136,9334		

Джерело: власні розрахунки

Таблиця 8

Аналіз структури моделі М5 динаміки НтЕ в %

Year	a	bx	cx ²	d*sin(e*x+f)	g*sin(h*x+i)	Yteor	Y	Δ
2007	84,8%	7,0%	-0,5%	25,5%	-15,0%	101,8%	100,0%	-1,8%
2008	78,6%	13,1%	-1,8%	-31,4%	37,4%	95,9%	100,0%	4,1%
2009	93,1%	23,2%	-4,8%	-41,2%	35,4%	105,7%	100,0%	-5,7%
2010	83,5%	27,7%	-7,7%	20,3%	-26,3%	97,5%	100,0%	2,5%
2011	76,3%	31,7%	-11,0%	40,3%	-39,2%	98,1%	100,0%	1,9%
2012	77,4%	38,6%	-16,1%	-4,4%	7,4%	103,0%	100,0%	-3,0%
2013	76,2%	44,3%	-21,5%	-41,7%	42,2%	99,4%	100,0%	0,6%
2014	74,5%	49,5%	-27,5%	-10,2%	10,4%	96,7%	100,0%	3,3%
2015	81,1%	60,7%	-37,9%	40,5%	-40,2%	104,2%	100,0%	-4,2%
2016	80,5%	66,9%	-46,5%	25,2%	-28,2%	98,0%	100,0%	2,0%
2017	86,4%	78,9%	-60,3%	-33,6%	29,9%	101,3%	100,0%	-1,3%
2018	81,9%	81,7%	-68,1%	-36,9%	40,8%	99,4%	100,0%	0,6%
2019	84,4%	91,2%	-82,3%	19,4%	-11,3%	101,4%	100,0%	-1,4%
2020	97,7%	113,6%	-110,5%	52,0%	-54,2%	98,6%	100,0%	1,4%
Average	82,6%	52,0%	-35,5%	1,7%	-0,8%	100,1%	100,0%	-0,1%
Me	81,5%	46,9%	-24,5%	7,5%	-1,9%	99,4%	100,0%	0,6%
Max	97,7%	113,6%	-0,5%	52,0%	42,2%	105,7%	100,0%	4,1%
Min	74,5%	7,0%	-110,5%	-41,7%	-54,2%	95,9%	100,0%	-5,7%

Джерело: власні розрахунки

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.

На прикладі Німеччини спостерігається наступна картина. Циклічна складова робить істотний вплив на загальну динаміку високотехнологічного експорту в цій країні. Так, перша гармоніка впливає на діапазон від -41,7% до + 52%, але найближчим часом відбудеться посилення її негативного впливу. Друга гармоніка має протилежний ефект від -54,2% до +42,2% і найближчим часом її позитивний вплив посилиться. Тобто гармоніки перекривають вплив одна одної впродовж усього розглянутого періоду (рис. 2).

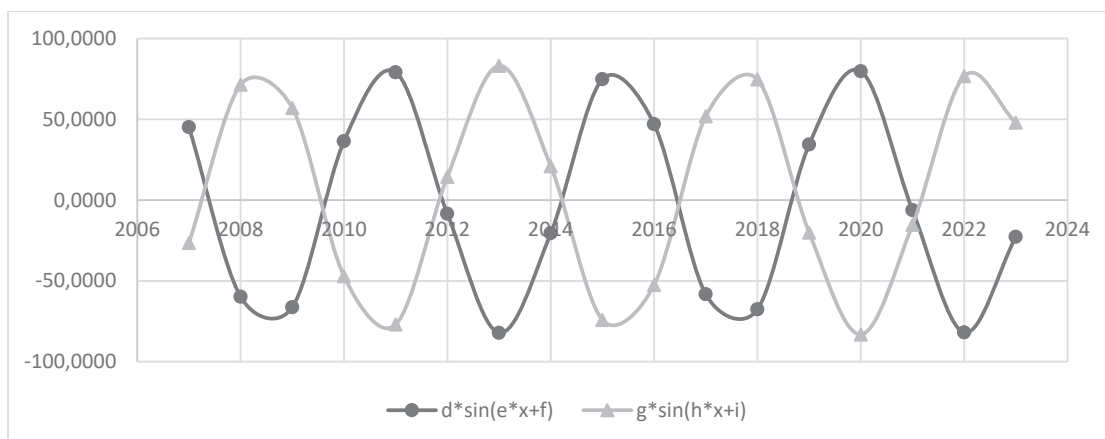


Рис. 2. Порівняння циклічних складових динаміки високотехнологічного експорту між собою

Таблиця 8 дозволяє оцінити вплив кожної складової Моделі 5 на динаміку високотехнологічного експорту Німеччини. А також порівняти їх з похибкою, яка описує інші випадкові фактори. Їх вплив коливається від -5,7% до +4,1%. Критичні значення (максимальні і мінімальні) циклічної складової значно перевищують критичні значення випадкових факторів. Таким чином, високотехнологічний експорт ФРН:

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 постачання 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 типів, видів і т.п. високотехнологічної продукції – лінійне зростання;

3) має фактори, що гальмують динаміку, вплив яких зростає в геометричній прогресії (факторів може бути багато – зниження кваліфікації працівників, зміна кон'юнктури ринку протягом усього досліджуваного періоду, технологічні труднощі, дія адміністративних законів і нормативних актів, що уповільнюють експорт, постійне зростання впливу конкурентів, насичення ринку і т.п.);

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.

Як бачимо з наступних таблиць, базовий рівень експорту високих технологій становить 149,920 млрд дол., що становить від 74,49% до 97,70% його динаміки за досліджуваний період.

Лінійна швидкість експорту високих технологій забезпечує від 12,456 до 174,385 млрд доларів США у цінах 2010 р., що становить від 7,04% до 113,65% його динаміки за досліджуваний період. Прискорення експорту високих технологій забезпечує від -169,521 до -0,865 млрд дол., що становить від -110,48% до -0,49% його динаміки за досліджуваний період.

Лінійно-динамічна складова ($a+bx$) експорту високих технологій забезпечує від 162 371 до 324 300 млрд доларів США, що становить від 91,62% до 211,35% його динаміки за досліджуваний період. Разом з прискоренням лінійна складова ($a+bx+cx^2$) високотехнологічного експорту забезпечує

Таблиця 9

Аналіз впливу різних компонентів на динаміку НтЕ в млрд доларів США у цінах 2010 р.

Рік	Лінійна	Нелінійна	Циклічна	Лінійна + нелінійна
2007	162,3715	-0,8649	18,5726	161,5066
2008	174,8276	-3,4596	11,5556	171,3679
2009	187,2836	-7,7841	-9,3302	179,4995
2010	199,7397	-13,8385	-10,7350	185,9012
2011	212,1957	-21,6226	2,1293	190,5732
2012	224,6518	-31,1365	5,9202	193,5153
2013	237,1079	-42,3803	1,0020	194,7276
2014	249,5639	-55,3538	0,4433	194,2101
2015	262,0200	-70,0572	0,6717	191,9628
2016	274,4761	-86,4904	-5,5701	187,9857
2017	286,9321	-104,6533	-6,4388	182,2788
2018	299,3882	-124,5461	7,0428	174,8421
2019	311,8442	-146,1687	14,3207	165,6755
2020	324,3003	-169,5211	-3,4361	154,7792
2021	336,7564	-194,6033	-21,5464	142,1531
2022	349,2124	-221,4153	-5,2812	127,7971
2023	361,6685	-249,9572	25,2220	111,7113

Джерело: власні розрахунки

Таблиця 10

Структура впливу різних компонентів на динаміку НтЕ

Рік	Лінійна	Нелінійна	Циклічна	Лінійна+ нелінійна
2007	91,8%	-0,5%	10,5%	91,3%
2008	91,6%	-1,8%	6,1%	89,8%
2009	116,3%	-4,8%	-5,8%	111,4%
2010	111,2%	-7,7%	-6,0%	103,5%
2011	108,0%	-11,0%	1,1%	97,0%
2012	116,1%	-16,1%	3,1%	100,0%
2013	120,5%	-21,5%	0,5%	98,9%
2014	124,0%	-27,5%	0,2%	96,5%
2015	141,8%	-37,9%	0,4%	103,9%
2016	147,4%	-46,5%	-3,0%	101,0%
2017	165,3%	-60,3%	-3,7%	105,0%
2018	163,6%	-68,1%	3,8%	95,6%
2019	175,7%	-82,3%	8,1%	93,3%
2020	211,3%	-110,5%	-2,2%	100,9%
Min	91,6%	-110,5%	-6,0%	89,8%
Max	211,3%	-0,5%	10,5%	111,4%

Джерело: власні розрахунки

від 154,779 до 194,728 млрд дол. у цінах 2010 р., що становить від 89,81% до 111,45% його динаміки за досліджуваний період.

1-а гармоніка високотехнологічного експорту забезпечує від -82,143 до 79,742 млрд дол., що становить від -41,74% до 51,97% його динаміки за досліджуваний період. 2-га гармоніка високотехнологічного експорту забезпечує від -83,178 до 83,145 млрд дол., що становить від -54,21% до 42,25% його динаміки за досліджуваний період.

Сумарний вплив циклічної складової високотехнологічного експорту забезпечує від -10,735 до 18,573 млрд дол. у цінах 2010р., що становить від -5,98% до 10,50% його динаміки за досліджуваний період. Вплив інших факторів високотехнологічного експорту пояснює від -9,109 до 7,897 млрд дол., що становить від -5,66% до 4,14% його динаміки за досліджуваний період.

Оскільки швидкість b більше нуля, спостерігається зростання динаміки експорту високих технологій. Оскільки прискорення c менше нуля, то спостерігається уповільнення динаміки експорту високих технологій. Амплітуда 1-ї гармоніки менше нуля, то можна говорити про початковий негативний вплив циклічного фактору на динаміку експорту високих технологій. Позитивним він стане через 0,25 періоду, тобто через -1,13 року, а найбільш позитивним він стане через 0,5 періоду, тобто через -2,25 року. Амплітуда 2-ї гармоніки більше нуля, тоді можна говорити про початковий позитивний вплив циклічного фактору на динаміку експорту високих технологій. Він стане негативним через 0,25 періоду, тобто через 1,16 року, а найбільш негативним він стане через 0,5 періоду, тобто через 2,32 року.

Початкова фаза 1-ї гармоніки більше нуля, тоді можна сказати, що початок дії циклічної складової зміщується на -26,22 року або, еквівалентно, на -314,64 місяці після початку спостереження. Початкова фаза 2-ї гармоніки менше нуля, відповідно початок дії циклічної складової зміщується на -15,14 року або, еквівалентно, на -181,64 місяці до початку спостереження.

Оцінка впливу циклічних компонентів на динаміку цих показників і між собою

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

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

Можна відзначити, що в динаміці високотехнологічного експорту спостерігається сильний вплив циклічних компонентів, сумарний зважений ефект яких коливається від -5,98% до 10,50%. Ці цикли мають періоди коливань 4,5 і 4,6 року, що свідчить про вплив короткочасних процесів. Початкові фази коливань -26,22 і -15,14 року, тобто коливальна складова 1-ї гармоніки стала впливати на динаміку високотехнологічного експорту приблизно з 1981 року, а 2-ї – з 1992 року.

Наступний показник – частка високотехнологічного експорту в загальному обсязі промислового експорту країни. Тут спостерігається менший ступінь часткового впливу циклічних компонентів на динаміку показника: від -4,03% до 3,61% (1-а гармонійна), і від -2,67% до 2,42% (2-я гармонійна). Але при їх поєднанні це дає 1,5-кратне збільшення циклів, яке коливалося від -5,44% до 4,24% впливу на загальну динаміку. Періоди коливань обох гармонійних становили 0,05 і 6,12 року. Таким чином, частка високотехнологічного в загальному обсязі промислового експорту менше схильна до циклічних коливань, ніж його абсолютна зміна.

Якщо розглянути динаміку частки високотехнологічного експорту у ВВП країни (також очищену від інфляційних процесів, шляхом конвертації в ціни в 2010 році), то ми виявимо, що по відношенню до ВВП коливальні явища мали у 3,3 рази більший вплив, ніж на динаміку абсолютних значень, з -19,51% до 35,14%. Коливання гармонійних мали різні періоди – 0,6 і 29,3 року, а амплітуди коливань – 0,2 і 1,7, що говорить про більш сильний вплив 2-ї гармонійної, ніж 1-ї.

Експорт промислової продукції Німеччини також схильний до циклічних коливань, як і її високотехнологічний експорт. Причому негативний вплив циклічного компонента в 0,44 рази менше і досягає -13,63%, а позитивний вплив у 1,10 раз більше і досягає 11,55%.

Висновки. Отже, вищенаведене дослідження показало наявність циклічних складових в динаміці високотехнологічного експорту ФРН за 2007–2020 рр. з терміном 4,5 і 4,6 року. Також циклічні складові були встановлені в динаміці таких похідних показників, як частка високотехнологічного експорту в загальному обсязі промислового експорту (з періодом в 6 років) і частка у ВВП країни (дві гармоніки з періодами 0,6 і 29 років). Що говорить про те, що відносні показники коливаються швидше, ніж абсолютний показник. Загальний вплив циклічної складової на динаміку високотехнологічного експорту

Аналіз впливу циклічної складової на динаміку досліджуваних показників

Параметр	Експорт високих технологій (млрд дол. США у цінах 2010 р.)	Експорт високих технологій (% від експорту промислової продукції)	Високотехнологічний експорт (% ВВП)	ВВП (млрд дол. США у цінах 2010 р.)	Експорт промислової продукції (млрд дол. США у цінах 2010 р.)
1-а гармонійна					
Циклічна частота, радіани	1,39	127,68	11,02	1,21	2,038
Періодичність, раз за рік	0,22	20,32	1,75	0,19	0,324
Період, роки	4,51	0,05	0,57	5,19	3,083
Фаза, радіани	36,53	-38,47	12,26	-401,28	53,317
Зміщення, частка періоду	5,81	-6,12	1,95	-63,87	8,486
Зміщення, років	-26,22	0,30	-1,11	331,60	26,165
Зміщення, міс.	-314,64	3,62	-13,36	3979,23	313,979
Амплітуда	-82,37	-0,61	0,23	-160,86	872,004
Вплив на динаміку, макс, %	51,97%	3,61%	4,46%	4,46%	52,26%
Вплив на динаміку, мін, %	-41,74%	-4,03%	-4,68%	-4,93%	-83,92%
2-а гармонійна					
Циклічна частота, радіани	1,36	1,03	0,21	23,06	16,787
Періодичність, раз за рік	0,22	0,16	0,03	3,67	2,672
Період, роки	4,63	6,12	29,28	0,27	0,374
Фаза, радіани	-20,53	13,81	11,58	212,80	-119,040
Зміщення, частка періоду	-3,27	2,20	1,84	33,87	-18,946
Зміщення, років	-15,14	-13,45	53,97	9,23	-7,091
Зміщення, міс.	-181,64	-161,38	647,62	110,74	-85,095
Амплітуда	83,21	-0,42	1,70	141,76	-841,964
Вплив на динаміку, макс, %	42,25%	2,42%	32,39%	4,38%	81,02%
Вплив на динаміку, мін, %	-54,21%	-2,67%	-23,98%	-2,83%	-47,84%
Сумарний вплив циклічної складової на динаміку показника, макс, %	94,21%	6,03%	36,85%	8,84%	133,29%
Сумарний вплив циклічної складової на динаміку показника, мін, %	-95,94%	-6,70%	-28,65%	-7,76%	-131,76%
Сумарний зважений вплив циклічної складової на динаміку показника, макс, %	10,50%	4,24%	35,14%	7,63%	11,55%
Сумарний зважений вплив циклічної складової на динаміку показника, мін, %	-5,98%	-5,44%	-19,51%	-6,80%	-13,63%

Джерело: власні розрахунки

значний: від -5,98% до +10,5%. Слід зазначити, що позитивний вплив більший за негативний на 4,52%. Загальний вплив циклічної складової на динаміку частки високотехнологічних в промисловому експорті практично однаковий, а у ВВП значно вище від -19, 51% до + 35, 14%.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з вивченням масиву факторів, розрахунком їх циклічних характеристик і виявленням тих, які мають аналогічний період, фазову і циклічну частоту та впливають на динаміку високотехнологічного експорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Геєць В.М., Семиноженко В.П. Інноваційні перспективи України. Харків : Константа, 2006.
2. Єгоров І.Ю., Одохук І.В., Саліхова О.Б. Впровадження високих технологій в економіку України : наукова доповідь НАН України. Київ : ДУ «Інститут економіки і прогнозування НАН України», 2016.
3. Краус Н.М., Манжура О.В., Краус К.М. Діагностика впливу досліджень та інноваційних розробок на трансфер технологій в Україні. *Ефективна економіка*. 2019. Вип. 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6873>

4. Artyukhov A., Omelyanenko V. & Prokopenko O. University Technology Transfer Network Structure Development: Education and Research Quality Issues. *TEM Journal*. 2021. Vol. 10(2). P. 607–619.
5. Matyushenko I., Trofimchenko K., Ryznikov V., Prokopenko O., Hlibko S. & Krykhtina Y. Innovation and investment mechanism for the formation and implementation of state policy to ensure the technological competitiveness of leading countries and Ukraine in the digital economy. *Linguistics and Culture Review*. 2021. Vol. 5(S4), P. 1508–1551.
6. Perevozova I., Shmygol N., Tereshchenko D., Kandahura K. & Katerna O. Introduction of creative economy in international relations: Aspects of development security. *Journal of Security and Sustainability*. 2019. Vol. 9 (1). P. 139–154.
7. Belov A., Svystun L., Ptashchenko L., Popova Yu. & Mammadov E. 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 4rd International Conference on Building Innovations, ICBI 2022, Lecture Notes in Civil Engineering, Springer, Cham, 2022. P. 456–463.
8. Bottega A., Romero J.P. Innovation, export performance and trade elasticities across different sectors. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2021. Vol. 58. P. 174–184.
9. Sandu S., Ciocanel B. Impact of R&D and Innovation on High-tech Export. *Procedia Economics and Finance*. 2014. Vol. 15. P. 80–90.
10. Олійник О.В. Циклічність відтворювального процесу в сільському господарстві. Харків : ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 2005.
11. Белов А.В., Свистун Л.А. Моделирование тенденций циклического развития рынка недвижимости. *Институційні засади функціонування економіки в умовах трансформації: Збірник наукових статей*. Видавництво «BREEZE», Монреаль, Канада. 2015. С. 268–271.
12. Таблиці річної та місячної інфляції Сполучених Штатів Америки (б.д.). URL: <https://www.statbureau.org/en/united-states/inflation-tables>
13. Показники світового розвитку | Банк даних (б.д.). URL: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=TX.VAL.TECH.CD&country=>

REFERENCES:

1. Heiets V.M., Semynozhenko V.P. (2006). Innovative prospects of Ukraine, Konstanta, Kharkiv.
2. 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.
3. Kraus N.M., Manzhura O.V., Kraus K.M. (2019). Diagnosis of the impact of research and innovation on technology transfer in Ukraine, *Efektivna ekonomika (Efficient economy)*, vol. 2, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6873>
4. Artyukhov A., Omelyanenko V. & Prokopenko O. (2021). University Technology Transfer Network Structure Development: Education and Research Quality Issues. *TEM Journal*, vol. 10(2), pp. 607–619.
5. Matyushenko I., Trofimchenko K., Ryznikov V., Prokopenko O., Hlibko S. & Krykhtina Y. (2021). Innovation and investment mechanism for the formation and implementation of state policy to ensure the technological competitiveness of leading countries and Ukraine in the digital economy. *Linguistics and Culture Review*, vol. 5(S4), pp. 1508–1551.
6. Perevozova I., Shmygol N., Tereshchenko D., Kandahura K. & Katerna O. (2019). Introduction of creative economy in international relations: Aspects of development security. *Journal of Security and Sustainability*, vol. 9 (1), pp. 139–154.
7. Belov A., Svystun L., Ptashchenko L., Popova Yu. & Mammadov E. (2022). 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 4rd International Conference on Building Innovations, ICBI 2022, Lecture Notes in Civil Engineering, Springer, Cham, pp. 456–463.
8. Bottega A., Romero J.P. (2021). Innovation, export performance and trade elasticities across different sectors. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 58, pp. 174–184.
9. Sandu S., Ciocanel B. (2014). Impact of R&D and Innovation on High-tech Export. *Procedia Economics and Finance*, vol. 15, pp. 80–90.
10. Oliinyk O.V. (2005). Cyclicity of the reproductive process in agriculture. Kharkiv: KhNAU named after V.V. Dokuchaiev.
11. 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*. BREEZE Publishing House, Montreal, Canada, pp. 268–271.
12. Annual and monthly inflation tables for the United States of America (d.b.), available at: <https://www.statbureau.org/en/united-states/inflation-tables>
13. Indicators of world development | Data bank (d.b.), available at: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=TX.VAL.TECH.CD&country=>

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». **Дослідження циклічності високотехнологічного експорту в Німеччині.**

У статті запропоновано 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 Німеччини, що є лідером Європейського Союзу та країною з високорозвинутою постіндустріальною економікою і потужним науково-технічним потенціалом. 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 Німеччині має певні постійні темпи зростання, вплив яких на динаміку лінійно зростає. Можна відзначити, що в динаміці високотехнологічного експорту спостерігається сильний вплив циклічних компонентів, сумарний зважений ефект яких коливається від -5,98% до +10,50%. Ці цикли мають періоди коливальності 4,5 і 4,6 року, що свідчить про вплив короточасних 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 Німеччині з періодом 4,5 і 4,6 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: інтегральна оцінка, конкурентоспроможність, маркетинг сфери послуг.

UDC 339.5:519.25:330.4

JEL C49, C59, F17

Oleksandr Belov, PhD (Economics), Institute of Social and Economic Initiatives. **Lyudmyla Svystun**, PhD (Economics), Associate Professor, National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic". **Study of the cyclicity of high-tech exports in Germany.**

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 using the example of Germany, which is the leader of the European Union and a country with a highly developed post-industrial economy and powerful scientific and technical potential. 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 Germany 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, the total weighted effect of which ranges from -5.98% to +10.50%. These cycles have oscillation periods of 4.5 and 4.6 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 Germany with a period of 4.5 and 4.6 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.