

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕРОБКИ ВОВНИ У АР КРИМ

Постановка проблеми. Специфіка, стабільна наповненість та швидкість інноваційних процесів визначають динаміку параметрів економічного розвитку економіки, ступень її конкурентоспроможності на ринку. Розвиток продуктивних сил, підвищення ефективності господарювання економіко-організаційних систем ґрунтуються на всебічному використанні інновацій, оскільки поява новації не є абсолютним фактором інтенсивного зростання системи. Корисні ефекти, що містить нововведення, можуть бути отримані тільки в разі його використання та впровадження у виробництво з урахуванням фактора дифузії інновації для максимізації корисних ефектів в економіці та підвищення її конкурентоспроможності. Інноваційний розвиток макrorівня економічної системи можливий за умови дифузії інновацій різної природи між виробничими системами мікрорівня, при цьому ступінь розвитку певною мірою визначається динамікою дифузії у часі та низкою пов'язаних факторів.

Дослідження дифузії інновацій як фактора інтенсивного розвитку економіки та конкурентоспроможності в сучасних умовах є важливою та актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивчення поширення (дифузії) являє собою область економіки інновацій, яка швидко формується. Необхідності моделювання дифузії нововведень в умовах трансформаційної економіки присвячено роботи Болдирева Р.Л., Гарєєва Т.Ф., Гур'янова Л.С., Дубравіна Н.А., Клебанова Т.С., Котова І.В., Расвєєва Е.В., Руссман І.Б., Стриженко К. А., Щепіної І.Н. та ін. [1-6]. Відомі моделі дифузії нововведень являють собою диференціальні рівняння залежності поширення нововведень від часу з урахуванням різних параметрів, при цьому більшість моделей орієнтована на використання коефіцієнтів новизни і лише в окремих використовуються такі параметри як витрати на інновацію або ефективність реклами [3, 5, 6]. У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження та побудови економіко-математичної моделі, що враховує двосторонній вплив факторів поширення інновацій та зміни ціни інноваційного обладнання.

Формулювання завдань дослідження. Ціллю статті є розробка економіко-математичної моделі дифузії інновацій в сферу первинної обробки вовни з урахування взаємопов'язаних факторів швидкості проникнення нововведень та зміни ціни інноваційного обладнання при різних умовах пріоритету розвитку. Результат економіко-математичного моделювання дозволить розширити, доповнити уявлення про очікуване функціонування і розвиток інноваційних процесів при тих чи інших зовнішніх впливах, визначити потенційно можливі результати по прийнятих рішеннях.

Виклад основного матеріалу. Основною метою економіко-математичного опису інноваційних процесів у сфері виробництва та перинної обробки вовни є розширення можливостей пошуку кращих способів їх впровадження. Моделювання дозволяє здійснювати різноманітні модельні логічні зв'язки, що підвищує шанси на відшукування кращих варіантів адекватних сучасним економічним процесам у виробництві АР Крим. Математичні моделі інноваційного аспекту повинні також відбивати соціальну спрямованість, розподільні відносини, стимули, співвідношення потреб і пропозицій, узгодження інтересів і інші якісні сторони. Ці фактори соціальної природи важко виразити в числовій формі, тому для оцінки пропозицій нами використано сполучення формалізованих і неформалізованих методів, поєднаних у загальну концептуальну схему інноваційного розвитку виробництва і переробки вовняного волокна.

Існуюче серед економістів-математиків прагнення до прямого об'єднання окремих

модельних побудов у систему моделей, призначених для наскрізного вирішення економічних задач управління різного змісту і рівня, не відповідає вимогам реальної технології економічних процесів [6, с.227].

Однією з істотних умов віддачі математичних методів і моделей є їх наближення до економічної практики.

Практичне використання економіко-математичних моделей дозволяє направляти дослідників і виробничі структури в доцільних і перспективних напрямках використання ресурсів. Нехай технологія виробництва описується виробничою функцією. Побудувати модель інноваційної діяльності – означає задати правило зміни виробничої функції в часі. Побудова моделі інноваційної діяльності здійснюється не абстрактно, а з орієнтацією на модель економічної динаміки переробних підприємств вовняної галузі. Необхідно, щоб правило зміни виробничої функції в часі підкорялося внутрішнім вимогам моделі розвитку економіки вовняного виробництва. Очевидно найпростіший спосіб введення інноваційного процесу в ту чи іншу вихідну модель і при цьому збереження її сутності полягає в тому, щоб зробити інноваційний процес самостійною перемінною, що не залежить від інших факторів моделі розвитку вівчарства в Криму (крім перемінної часу, яка не відноситься до таких, що описують стан економіки).

Модель розвитку може являти собою порівняно просту безперервну динамічну модель, відому в економічній літературі як модель Р. Солоу. Ця модель адекватно відбиває найважливіші загальноекономічні аспекти процесу розширеного відтворення і разом з тим допомагає освітити основні особливості моделей динаміки.

Стан економіки в моделі Р. Солоу задається сукупністю величин (перемінні стани):

Y – об'єм кінцевого продукту;

L – об'єм наявних трудових ресурсів;

K – об'єм наявного капіталу.

Вважаючи, що ресурси K і L використовуються повністю, зв'язок обсягу кінцевого продукту Y з витратами праці і фондів описується виробничою функцією [4, с. 168-170]:

$$Y = F(K, L) \quad (1)$$

Якщо зміна технології інноваційних шляхів у часі можна описати незалежно від змін перемінних стану економіки вовняного виробництва, то побудована модель інноваційної діяльності визначається як модель автономного (екзогенного) інноваційного розвитку. Формально у випадку макроекономічної виробничої функції це означає, що перемінна моменту часу t також стає її третім аргументом, тобто обсяг випуску задається правилом:

$$Y = \Phi(K, L, t) \quad (2)$$

Адекватність моделі автономної інноваційної діяльності піддається сумніву, тому що радикальні зміни у виробничій функції не можуть здійснюватися без додаткових витрат. Безвитратні зміни як, наприклад, за рахунок удосконалення процесу управління, вишукування внутрішніх резервів виробництва, нагромадження виробничого досвіду і т.д. також закономірні у виробництві, більш-менш стійкі і цілком можуть моделюватися як автономні. Але їх частка порівняно невелика. Наукові дослідження і розробки, дослідні роботи, без яких немислимий інноваційний процес, поглинають значний обсяг грошових, матеріальних і трудових ресурсів. Зміна застарілої технології "сільське господарство – первинна обробка – виробництва текстильної і легкої промисловості" вимагають відновлення структури і якості основних фондів. Підготовка висококваліфікованих фахівців, здатних працювати в сучасному сформованому інформаційному полі і якісно обслуговувати сучасне виробництво, неможлива без додаткових витрат. У цих умовах говорити про автономність інноваційної діяльності в цілому не можна.

Незважаючи на це, популярність моделей з автономними інноваційними проектами

досить широка, особливо при практичних розрахунках, що можна пояснити порівняною легкістю статистичних оцінок параметрів зміни технічного рівня виробництва, що одержують одночасно з оцінками параметрів виробничої функції. При цьому не виключено, що перемінна t приймає на себе вплив не тільки інноваційної діяльності, але і деяких інших, факторів виробництва, що не враховуються в моделі.

Інноваційна діяльність розглядається нами як фактор, що безперервно підвищує ефективність виробництва. При такому результативному підході до аналізу інноваційної діяльності вивченню підлягає її вплив на обсяг продукції, що випускається. У деяких моделях її вплив на виробничий процес ототожнюється з впливом на випуск продукції ідентифікуючої перемінної (час – у випадку неупредметненого впливу, капіталовкладення і їх динаміка – у випадку матеріалізованого впливу). При цьому поза полем зору дослідника залишаються структура і зміст інноваційної діяльності, що розглядається як самостійний процес розвитку продуктивних сил. Багаторівневий підхід до моделювання інноваційної діяльності дозволяє деякою мірою усунути цей недолік. Основна ідея цього підходу полягає в тому, щоб ріст ефективності виробництва, що спостерігається на макрорівні, пов'язати з технічним розвитком, що відбувається на мікрорівні конкретних, виробничих процесів. При такій постановці проблеми інноваційний процес може спрощено трактуватися як процес створення нововведень, з одного боку, і процес їх поширення в досліджуваній економічній системі – з іншої.

Поява технічних нововведень являє собою необхідну, але аж ніяк не достатню умову удосконалювання продуктивних сил. Сама поява прогресивного нововведення ще не забезпечує відповідний ріст ефективності виробництва. Корисні ефекти, якими володіє нововведення, будуть реалізовані тільки після того, як його використання стане економічно доцільним і воно почне застосовуватися у виробництві.

Ефект, що виявляється на макрорівні, від використання технічних нововведень визначається, по-перше, їх порівняльною ефективністю і, по-друге, масштабами їх застосування у відповідних сферах виробництва. Останні характеризують впровадження досягнень інноваційної діяльності, яке відбувається в модельованій системі, що звичайно можна розглядати як процес заміщення менш ефективних способів виробничої діяльності або продуктів більш ефективними. Тому поширення нововведень є джерелом структурних, а отже, якісних змін у технології і факторах виробництва. Це, у свою чергу, означає, що ріст ефективності виробництва, що спостерігається на макрорівні, значною мірою може бути пояснений процесами поширення технічних нововведень, що протікають у часі.

Вивчення динаміки поширення технічного нововведення має на увазі оцінку масштабу його використання, а також виявлення структурних і якісних змін у розглянутих на більш високому рівні інтеграції технологіях і факторах виробництва, що обумовлені застосуванням нововведення у все більших розмірах.

Оскільки дифузійний процес має здатність охоплення декількох суб'єктів інноваційної діяльності, а отже, наростаючою здатністю підвищувати ефективність інноваційних виробництв, то швидкість наростання дифузії інновацій у часі здобуває особливий інтерес у нашому дослідженні.

Відомі моделі дифузії нововведень являють собою диференціальні рівняння залежності поширення нововведень від часу з урахуванням різних параметрів [3, с. 234-236; 5; 6, с. 134-137].

Для оцінки масштабу використання технічного нововведення застосовуються моделі дифузійних процесів, що відбивають динаміку поширення нововведень у часі. Процеси дифузії (розповсюдження) інновації нами розглядаються як процеси наростання об'ємів випуску і впровадження ввномийних установок. Передбачається, що вони безперервні і досягають стадії насичення, коли потреби у інновації стануть повністю задоволеними. У процесі розширення інноваційної технології логічно зниження ціни на інновацію, оскільки вона переходить у розряд традиційних оброблювальних процесів

виготовлення установок первинної обробки вовни.

Вкладення інвестицій у розвиток виробництва і переробки вовни АР Крим представлено у табл. 1.

Таблиця 1

Вкладення інвестицій у виробництво і переробку вовни у АР Крим

Роки	Кількість установок первинної обробки вовни	Вартість інноваційних проектів, зростаючим підсумком, грн.
1999 (створення)	(1 установка)	2250000
2010	1	3500000
2011	2	7000000
2012	4	14000000
2013	6	21000000
2014	7	24500000
2015	8	28000000
2016	8	-

Відомі економічні параметри проекту промивання вовни на інноваційній установці:

Вартість проекту – 2250000 грн.

Період окупності проекту – 12 кварталів.

Внутрішня норма рентабельності – 32,19 % [8]

Процеси дифузії інновацій можуть бути представлені S-подібними кривими. Параметри кривої залежать від характеристик нововведень, а також від ряду економічних параметрів. Відомі різні підходи до визначення параметрів цієї кривої. В ряді досліджень розглядається окремий випадок S- подібної кривої – крива Перла [9]. Ця крива має вигляд:

$$y_t = \frac{L}{1 + ae^{-(k+bt)}}, \quad (3)$$

де y_t – величина перемінної в часовій точці t ;

t – фактор часу;

a, k, b – числові параметри (константи);

L – верхня границя змінної y ;

e – експонента.

Відомий американський дослідник інновацій Е. Менсфілд застосував дану криву для розробки моделі процесу дифузії нововведень в деяких галузях економіки США (чорна металургія, вугільна промисловість, залізничний транспорт, пивоварна промисловість). В якості досліджуваного показника дифузії використовувалося число фірм галузі, які прийняли нововведення в момент t . В якості верхньої границі враховувалося число фірм в галузі, що можуть прийняти інновацію.

Виразимо через y_t – частку потреби установок первинної обробки вовни, яку зайняли інновації в момент часу t . У нашому випадку чисельник буде дорівнювати одиниці.

На основі інноваційного плану введення установок протягом дев'яти років проведемо оцінювання параметрів моделі

$$y_t = \frac{1}{1 + ae^{-bt}}, \quad (4)$$

$$z_t = \frac{1}{y_t}.$$

Приведемо модель (4) до лінійного вигляду. Нехай

$$\begin{aligned} z_t &= 1 + ae^{-bt}, \\ z_t - 1 &= ae^{-bt}. \end{aligned} \tag{5}$$

Проведемо логарифмування лівої та правої частин виразу (5):

$$\begin{aligned} \ln(z_t - 1) &= \ln ae^{-bt}, \\ \ln(z_t - 1) &= \ln a + \ln e^{-bt}, \\ \ln(z_t - 1) &= \ln a - bt. \end{aligned}$$

Застосувавши метод найменших квадратів та план поширення введення інноваційних установок знайдемо оцінки параметрів a та b .

Таким чином модель (4) у нашому випадку має вигляд

$$y_t = \frac{1}{1 + 9,71e^{-0,634t}}. \tag{6}$$

Індекс кореляції дорівнює 0,82. Тобто в рамках нашого інноваційного плану тіснота зв'язку між дифузиею інновацій та часом значна. За допомогою F-критерію Фішера визначаємо, що отримане рівняння є статистично значимим.

Побудуємо рівняння залежності дифузії нововведення від часу (Рис. 1)

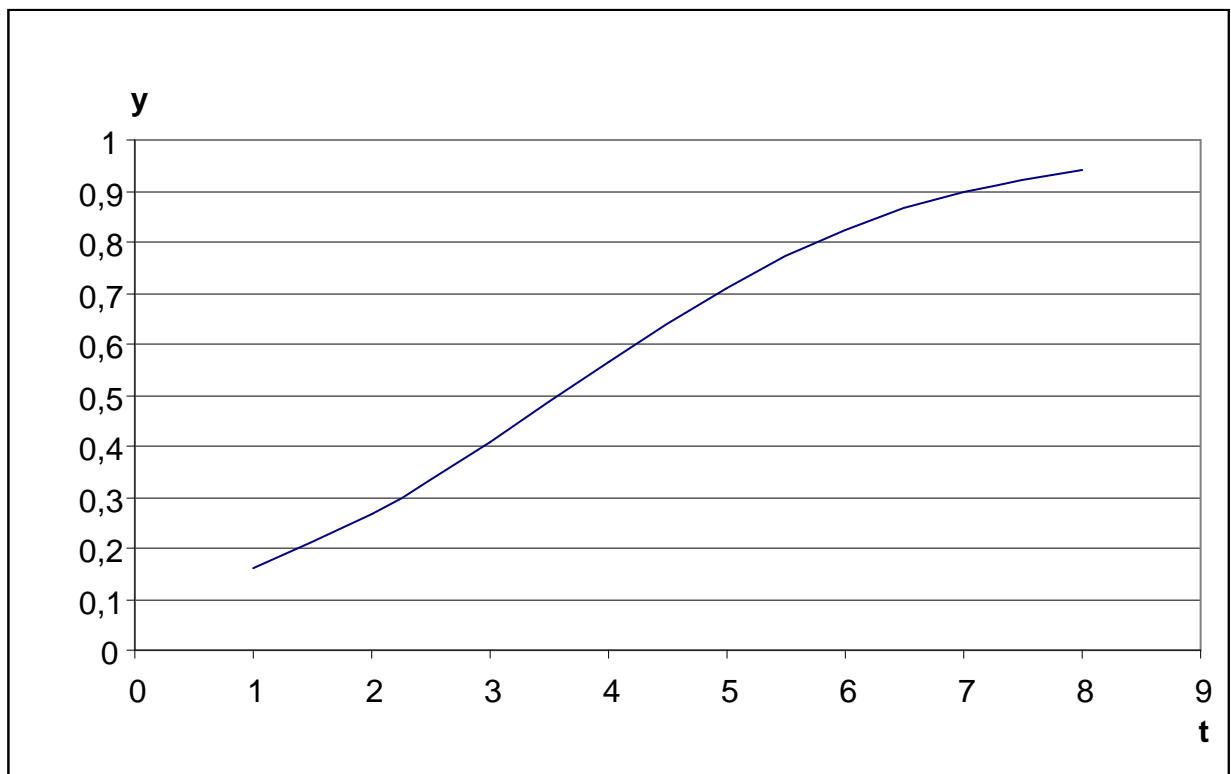


Рис. 1. Залежність дифузії інноваційних установок первинної обробки вовни у часі
Крива характеризує швидкість поширення нововведення у часі (роки). Побудована крива має S-подібну форму, що підтверджує результати досліджень щодо форми дифузійних кривих.

Враховуючи те, що на розповсюдження інновації впливає зміна ціни на дану інновацію, то доцільно при моделюванні дифузії використати модель Фішера-Пря (Fisher-Pry):

$$\frac{df}{dt} = \alpha \cdot f \cdot \frac{(F - f)}{F} \cdot (P - p), \quad (7)$$

де P – максимальний граничний рівень ціни на нововведення,
 $f(t)$ – рівень дифузії в момент часу t ,
 F – граничний рівень розповсюдження інновацій,
 α – параметр.

Під описування ціни передбачається, що на зміну ціни впливає відхилення ціни від її граничного рівня $(P-p)$, рівень дифузії на момент часу t та доля ринку, що лишається вільною $(F-f)$, тобто, пропонується використати рівняння типу [5]:

$$\frac{dp}{dt} = -\beta \cdot f \cdot \frac{F - f}{P - \omega \cdot p}, \quad (8)$$

де $p(t)$ – поточна ціна нововведення в момент часу t ;
 β, ω – параметри.

Вирішимо модель (7) відносно $f(t)$:

$$\begin{aligned} \frac{df}{f(F-f)} &= \alpha(P-p)dt; \\ \frac{1}{F} \int \frac{F-f+f}{f(F-f)} df &= \frac{\alpha}{F}(P-p)dt; \\ \frac{1}{F} \int \left(\frac{1}{f} + \frac{1}{F-f} \right) df &= \frac{\alpha}{F}(P-p) \int dt; \\ \ln f - \ln(F-f) &= \alpha(P-p)t - \ln C; \\ \ln \frac{Cf}{F-f} &= e^{\alpha(P-p)t}; \\ \frac{Cf}{F-f} &= e^{\alpha(P-p)t}; \\ Cf &= Fe^{\alpha(P-p)t} - fe^{\alpha(P-p)t}; \\ f(C + e^{\alpha(P-p)t}) &= Fe^{\alpha(P-p)t}; \\ f &= \frac{Fe^{\alpha(P-p)t}}{C + e^{\alpha(P-p)t}}. \end{aligned}$$

Вирішимо модель (8) відносно $p(t)$:

$$\begin{aligned} (P - \omega p) dp &= -\beta f (F - f) dt; \\ -\frac{1}{\omega} \cdot \frac{(P - \omega p)^2}{2} &= -\beta f (F - f) t + C; \end{aligned}$$

$$(P - \omega p)^2 = 2\omega\beta(F - f)t + C;$$

$$P - \omega p = \sqrt{2\omega\beta(F - f)t + C};$$

$$\omega p = P - \sqrt{2\omega\beta(F - f)t + C}$$

$$p = \frac{1}{\omega} (P - \sqrt{2\omega\beta(F - f)t + C})$$

Нами використано класифікацію різних типів кривих дифузії нововведень, яка містить дев'ять різних типів кривих, що отримується шляхом розбиття областей зміни параметрів на інтервали [1]. Значення параметрів для чотирьох найбільш різних класів представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Значення параметрів найбільш різних класів дифузії інновацій

Клас	α	β	ω
1. Швидке проникнення	5,4	0,6	1,2
5. Однорідна форма	0,8	0,1	1,0
7. Пізній кидок	1,0	0,1	0,8
9. Низький пріоритет	0,2	0,05	0,9

Побудуємо криві дифузії та ціни, використовуючи значення параметрів класу «швидке проникнення» (Рис. 2). Граничні рівні P , F прирівнюємо до одиниці. $(P - p) = 0,5$, $(F - f) = 0,5$, $C = 1$ для кривої дифузії, $C = 0$ для кривої ціни.

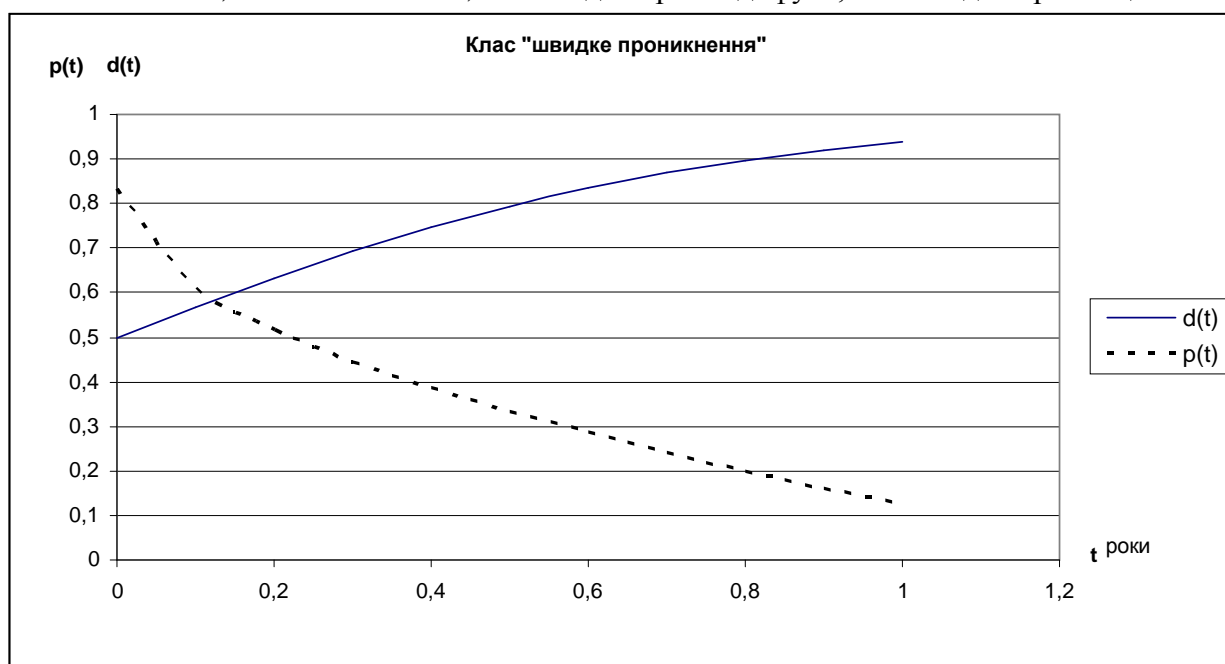


Рис. 2. Модель проникнення інновацій в умовах високого пріоритету розвитку (d(t) – крива дифузії інновацій, p(t)- крива ціни інноваційної установки)

Для порівняння побудуємо криві дифузії та ціни, використовуючи параметри класу „низький пріоритет” (Рис. 3).

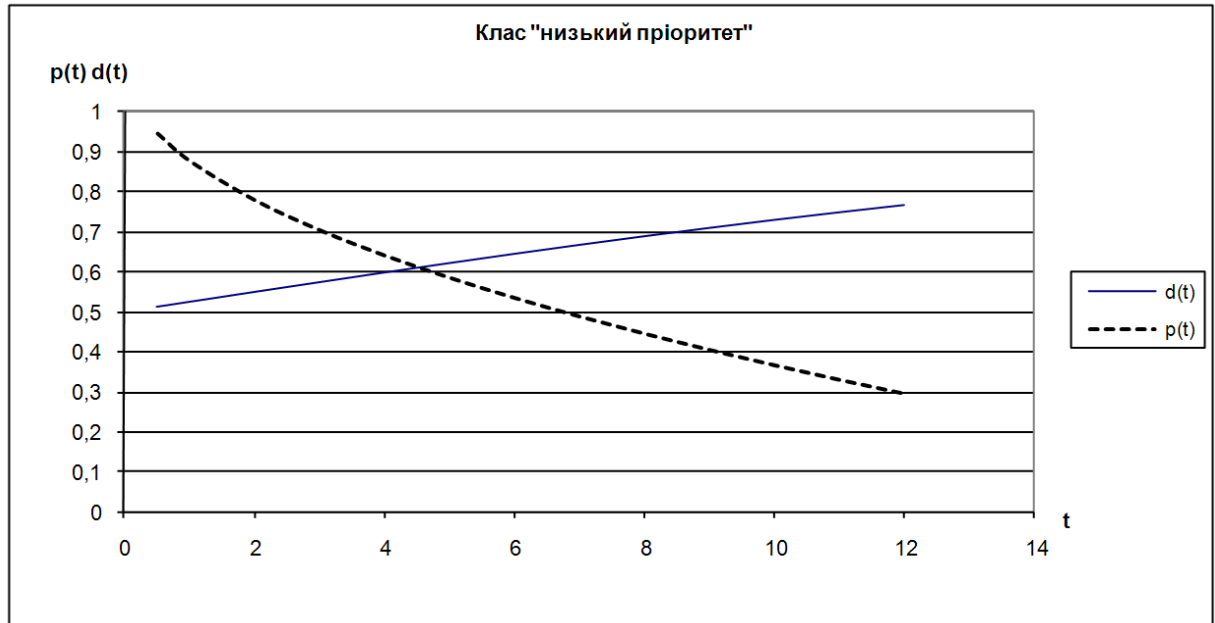


Рис. 3. Модель проникнення інновацій в умовах низького пріоритету розвитку (d(t) – крива дифузії інновацій, p(t))- крива ціни інноваційної установки)

При швидкому проникненні інновацій насичення виробництв відбувається протягом короткого періоду часу – 2-3 місяці при цьому ціна інноваційної установки закономірно суттєво знижується в цей період часу, а потім уповільнюється падіння її вартості.

Низький пріоритет не змінює вид кривих, але період насичення ринку інноваційною технологією визначається 4-5 роками, падіння ціни на установки у цьому варіанті відбувається нижчими темпами ніж їх розповсюдження у часі. Ціна установок падає зі зростанням поширеності інновації, що логічно з економічної точки зору.

Виходячи з параметрів моделі прогнозований нами період забезпечення виробництва і первинної обробки вовни у АР Крим при збільшенні її обсягів до рівня 1990 р. у розмірі 4237 т складе 7 років, при цьому загальне число установок на фабриках первинної обробки вовни становить 8 шт. при загальній вартості інноваційних вкладень 28000 тис. грн.

Оскільки обсяг виробництва митої вовни (B_i) при повному завантаженні потужності і регламентованому процесі промивки вовни пропорційно збільшується відповідно до збільшення числа установок при технологічно нормованій продуктивності установки (H_i) по кожному виду вовни, то ми спостерігаємо функціональну залежність:

$$B_i = f(H_i). \tag{9}$$

Відповідно, криві дифузії інновацій являють аналогічну картину збільшення обсягів виробництва, а отже, фінансового потоку прибутку.

На основі проведених досліджень нами здійснено прогнозування важливіших оціночних показників розвитку виробництва та первинної обробки вовни на основі впровадження інноваційних технологій (табл. 3).

Таблиця 3

Ефективність виробництва і промислової переробки вовни у АР Крим

Рік	Виробництво митої вовни при збереженні структури видів вовняного волокна (62% грубої і 38% тонкої) при середньому % виходу 49,6%, т	Об'єм реалізації за паритетною ціною, тис. грн.	Прибуток від реалізації інноваційної продукції, тис. грн.
2010	440	10670	1710
2011	880	21340	3420
2012	1760	42680	6830
2013	2640	64020	10300
2014	3080	74690	12000
2015	3550	86090	13800
2016	3900	95000	15200

Висновки. Таким чином, у рамках результативної інноваційної концепції визначення економічної ефективності оцінкою результату (ефекту) служить обсяг виробництва і, отриманий в результаті реалізації інноваційної вовняної продукції, прибуток. У кінцевих результатах виробництва відбиваються темпи зростання вовняного виробництва, його структура, рівень використання виробничих потужностей, стратегія і тактика управління ефективністю і розвитком.

Анотація

В статті запропоновано економіко-математичну динамічну модель проникнення інновацій у сферу первинної обробки вовни, яка описує процеси дифузії інновацій і зміни ціни інноваційного обладнання в різних умовах пріоритету інноваційного розвитку.

Ключові слова: інноваційні процеси, інноваційний розвиток, економіко-математичні моделі.

Аннотация

В статье предложена экономико-математическая модель проникновения инноваций в сферу первичной обработки шерсти, описывающая процессы диффузии инноваций и изменения цены инновационного оборудования в разных условиях приоритета инновационного развития.

Ключевые слова: инновационные процессы, инновационное развитие, экономико-математические модели.

Summary

In the article economic-mathematical model of the penetration of innovation in primary processing of wool is offered, which describes the diffusion of innovation and change in the price of innovative equipment in different conditions of priority innovation development.

Key-words: innovative processes, innovative development, economic-mathematics models.

Список використаних джерел

1. Болдырев Р.Л. Моделирование диффузии нововведений с учетом ценового фактора / Р.Л. Болдырев, И.Б.Руссман, И.Н. Щепина // Электронный ресурс – режим доступа – http://modeling.at.ua/_ld/0/1_ArticleKVNPTI_n.pdf.
2. Гареев Т.Ф. Диффузия новых технологий // Вестник ТИСБИ. – 2004. – №4 // Электронный ресурс – режим доступа - <http://www.tisbi.ru/science/vestnik/2004/issue4//Economica10.html>.
3. Математические модели трансформационной экономики: учебное пособие / Клебанова Т. С., Расвнева Е. В., Стриженко К. А., Гурьянова Л. С., Дубравина Н. А. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2004. – 280 с.

4. Моделирование народнохозяйственных процессов: Учеб. пособие / под. ред. И.В. Котова, 2-е изд. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1990. – 288 с.
5. Щепина И.Н. Модели диффузии и замещения нововведений (обзор литературы) / Щепина И.Н. – М.: ЦЭМИ РАН, 1990. – 48с.
6. Методы оптимизации в теории управления: Учеб. Пособие / И.Г. Черноуцкий. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с.
7. Решетова Т. Роль державного керування в активізації інноваційної і науково-технічної діяльності / Т. Решетова //Економіка України. - 1994. - №10. - С.31-37.
8. Наумов О.Б. Організація виробництва та первинної обробки вовни у місцях сировинної бази: дис. ... кандидата економ. наук: 08.06.01 / Наумов Олександр Борисович. – К., 2000. – 157 с.
9. Петухова Н.В. Современное состояние и направление совершенствования методологии прогнозирования рыночной доли продукции / Петухова Н.В. // Маркетинг в России и за рубежом - №5 – 2001. – с.34-42.