

УДК 330.341.1

Кальний С. В.

*кандидат економічних наук, доцент,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Шелудько В. М.

*кандидат технічних наук, доцент,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Kalnyy Sergey

*PhD in Economics, Associate Professor,
Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Sheludko Valentina

*PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Taras Shevchenko National University of Kyiv*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Анотація. У статті розглянуто особливості поширення технологічних інновацій та чинники, що впливають на його швидкість. Проаналізовано переваги впровадження технологічних інновацій на підприємстві, а також обмеження та бар'єри, що виникають у процесі технологічного оновлення виробництва. Зазначено, що впровадження новітніх технологій часто виступає єдиною можливим варіантом ринкової стратегії у зв'язку з підвищенням екологічних та соціальних стандартів виробництва продукції. Обґрунтовано можливість застосування динамічного моделювання у плануванні впровадження технологічних інновацій. Розроблено задачу оптимізації інноваційно-інвестиційної політики підприємства та запропоновано спосіб її практичного застосування для окремого випадку впровадження двох технологій.

Ключові слова: поширення інновацій, технологічне оновлення, технологічний стрибок, динамічна модель зміни технологій, задача оптимізації інноваційно-інвестиційної політики підприємства.

Вступ та постановка проблеми. У сучасних умовах інновації мають вирішальне значення у забезпеченні продуктивності, а отже, для економічного зростання у довгостроковій перспективі. Для забезпечення конкурентних переваг необхідне постійне оновлення продуктів, методів, процесів та організації виробництва. При цьому стрімкий технічний прогрес відіграє вирішальну роль у розвитку економіки. Тоді як технологічні лідери мають можливість широко впроваджувати інновації, підвищуючи продуктивність та розширюючи ринки збуту, більшість підприємств впроваджує нові технології повільніше, часто ігноруючи наявні інновації та втрачаючи можливості зміцнити власну конкурентоздатність за рахунок технологічного оновлення виробництва.

Здійснення активної інноваційної політики у технологічній сфері на постійній основі вимагає від керівництва підприємства створення інноваційно-інвестиційної стратегії, а також організації у її межах ефективно функціонуючої системи планування. Формування наукового інструментарію дослідження та моделювання інноваційних процесів дає змогу прогнозувати їх динаміку та планувати інноваційні перетворення на підприємстві. Сучасна теоретична інноватика розвивається у напрямі розширення застосування математичного моделювання інноваційних процесів, що у кінцевому підсумку дає змогу обґрунтувати цілі розвитку підприємства та визначити траєкторію розвитку інноваційних процесів для формування ефективної технологічної стратегії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми поширення інновацій досліджували Ф. Агіон, П. Героскі, Дж. Доннермейер, С. Едквіст, В. Коен, Д. Левінталь, Э. Роджерс, Т. Свон, Р. Солоу, П. Стоунман, С. Холфілд та ін. Проблеми забезпечення ефективності інноваційних процесів на підприємствах знайшли відображення у працях Ю. Бажала, Г. Бірмана, В. Геєця, С. Ілляшенка, Л. Канторовича, А. Савчука, В. Стадника, П. Перерви, В. Шапіро та ін. Теоретико-методологічні підходи до моделювання інноваційної діяльності досліджували: І. Ансофф, Л. Антонюк, А. Градов, М. Йохна, С. Кларк, Г. Клейнер, О. Кузьмін, Л. Кудінов, Л. Малюта, В. Макаров, Л. Мельник, В. Міщенко, А. Поручник, Р. Ротвелл, П. Розенберг, В. Савчук, та ін., а проблеми застосування інструментарію економіко-математичного моделювання у дослідженнях інноваційних процесів та формуванні інноваційних стратегій представлено в працях Ф. Басса, Г. Беренса, В. Вітлінського, В. Діленка, В. Полтеровича, М. Рогози, Е. Роджерса, А. Савчука, К. Тілануса, Х. Тейла та ін.

Метою даної роботи є дослідження особливостей і бар'єрів поширення та впровадження технологічних інновацій із застосуванням динамічного моделювання щодо оптимізації інноваційно-інвестиційної політики підприємства з урахуванням технологічних стрибків.

Результати дослідження.

Ефективними є інновації, що швидко поширюються, отже, важливими для успішності інновацій є чинники, що впливають на їх розповсюдження [1]. У разі одночасного існування кількох подібних нововведень зацікавлені в них здійснюють усвідомлений вибір. У подальшому відоміше нововведення швидше поширюється саме через його популярність, що може зумовлюватися як кращими характеристиками, так і успішним маркетингом, нижчою ціною чи випереджаючою появою на ринку.

Із гіпотезами щодо епідемічних та порогових моделей [2; 3] узгоджуються результати досліджень щодо впливу на швидкість просування нових технологій як соціальних мереж із тісними контактами, тобто зв'язками на рівні колег та друзів, так і мереж зі слабкими зв'язками, кон-

тактами з інших сфер суспільного середовища [4; 5]. Такі зв'язки підвищують імовірність поширення інформації не лише про існування інновацій, а й про їхні властивості, що може компенсувати відсутність необхідності для прийняття рішення даних про якісні характеристики та потенційний економічний ефект, що, відповідно до порогової моделі, сприяють упровадженню інновацій.

Швидкість поширення інновацій у різних регіонах визначається наявністю таких бар'єрів, як великі відстані та низька освіта. Однак якщо розглядати вибір інновації як інвестиційного рішення, то важливо відзначити зв'язок рівня економічних показників реалізації інноваційних проектів та місця розташування підприємства через умови формування та масштаби клієнтської бази. Щільне бізнес-середовище сприяє розширенню попиту, і навпаки. Так, природним виглядає припущення щодо більшого поширення електронної комерції серед сільських споживачів завдяки підвищенню рівня доступності широкого асортименту дешевих товарів та послуг, однак дослідження свідчать, що основна причина здійснення покупок в мережі Інтернет – економія часу, а не низькі ціни та велика різноманітність, що зумовлює її популярність у щільних бізнес-середовищах із вищим рівнем стресу. Водночас інновація, що здатна за техніко-технологічними характеристиками вирішувати проблеми, властиві для сільської місцевості, поширюватиметься повільніше в умовах щільного бізнес-середовища [3; 6].

Окремо відзначимо підвищення швидкості поширення різних інновацій у тій самій місцевості залежно від вищого рівня таких їхніх ознак, як:

- відносна перевага у вигляді економічних вигід та зміни робочого середовища порівняно з існуючими технологіями;
- сумісність із попередніми технологіями, прийнятність відповідно до існуючих соціокультурних цінностей та норм;
- простота розуміння та сприйняття потенційними користувачами;
- можливості щодо перевірок, тестування та випробування нових технологій та продуктів в реальних умовах (або доступність знань щодо відповідних перевірок, здійснених першими інноваторами на більш ранніх стадіях);
- наочність спостережень за економічним чи організаційним ефектом від інновацій.

Отже, низка чинників впливає на швидкість поширення інновацій, але інноваційний продукт, який здатен забезпечити аналогічні переваги в сільській та міській місцевості, швидше поширюється у щільному бізнес-середовищі. Загалом, однак, поширення прискорюється для всіх типів середовища [7].

Вартість інвестування в інновації може також різнитися на користь збільшення вартості прямих інвестицій у сільській місцевості, якщо додаткові витрати на доставку, встановлення та обслуговування устаткування, а також на транспортування до роздрібною мережі пов'язані з відстанню.

Для підприємств, що не мають можливості здійснювати власні дослідження, а також не володіють людськими ресурсами для самостійного розроблення інноваційних ідей, на перший план виходить пошук відповідних наукових розробок за рахунок мережі поширення знань у галузі інновацій. На стадії реалізації інноваційних проектів такі підприємства частіше можуть стикатися з проблемами розроблення маркетингової стратегії та пошуку постачальників, а виробнича фаза вимагає додаткових знань щодо забезпечення необхідного рівня продуктивності.

У сільському господарстві, де малі підприємства можуть реалізовувати проекти у сфері переробки продукції лише спільно, на основі кооперації, створення мережі організацій із надання дорадчих послуг, співпраці та обміну знаннями неможливе без державної підтримки.

Ще в 1950-х роках виникла теорія щодо забезпечення довгострокового економічного зростання за рахунок технологічного розвитку, результатом якого є підвищення продуктивності [8; 9]. Емпіричні дослідження з того часу показали, що 30–70% ВВП на душу населення зумовлено технологічним розвитком у країнах ОЕСР [10]. Поряд із тим фінансування інноваційного розвитку певною мірою може бути зумовлене дефіцитом ресурсів (у тому числі нестачею робочої сили чи природних ресурсів, що призводить до механізації та автоматизації виробництва, появи технологій очищення води та ґрунту тощо) [11]. При цьому важливими є практичні результати цільових наукових досліджень для вирішення конкретних проблем, а також технічних можливостей для їх комерціалізації.

Ефективність наукомісткої виробничої системи залежить від того, як різні суб'єкти, до числа яких входять приватні компанії, університети та науково-дослідні інститути, взаємодіють між собою щодо організації підрядних робіт, спільної роботи персоналу та обміну знаннями, а також щодо придбання обладнання. Глибина взаємодії між учасниками та наявність налагодженої системи безперервного навчання є ключовими чинниками, що впливають на інноваційний процес [3; 12].

Тоді як у розвинених країнах на внутрішні дослідження та розробки припадає більше ніж половина витрат на технологічні інновації, у вітчизняних умовах витрати переважно спрямовуються на закупівлю готової технології через установавання автоматизованих ліній, машин та устаткування. Зміни в науці, техніці та технології призвели до радикальних перетворень в організації виробництва та праці, за яких основою є комп'ютерні та Інтернет-технології, інформаційні мережі, роботизація та цифровізація виробництва. Сучасна система телекомунікацій, що утворилася внаслідок інформаційної революції, підштовхує до прискорення та розширення досліджень у галузі штучного інтелекту, квантових обчислень та робототехніки. Водночас усвідомлення важливості сталого розвитку призводить до появи серії новітніх розробок у сфері біоінженерії екосистем, альтернативної та відновлювальної енергетики.

Технологічний прогрес, рухаючись по експоненті – від повільного зростання до різкого піднесення з подальшим затуханням, – нині демонструє широкий спектр проривних технологій. Це створило умови для появи конвергенції у вигляді об'єднання багатьох технологічних новинок у новітні різновиди технологій та бізнес-моделей.

Важливим питанням технологічних змін у виробництві є не лише зростання обсягів та якості випущеної продукції за рахунок запровадження автоматизованих та комп'ютеризованих виробничих систем, а й співвідношення капіталу та праці на підприємстві. Зазвичай технологічні інновації стосуються усіх сфер діяльності підприємства та визначають економічно ефективний масштаб виробництва.

Стійкий розвиток економіки визначається її здатністю до постійної перебудови у напрямі дифузії новітніх технологій. Поряд із тим проблема запровадження технологічних інновацій на підприємствах поглиблюється через особливості їх функціонування в національних умовах. Так, неефективність використання ресурсів та незбалансованість інвестиційної політики можуть призводити до їх розпорощення, а для великих підпри-

ємств планування, облік та контроль на інноваційних виробництвах важко виокремити серед менш ефективних виробничих підрозділів.

Керівництво підприємств, що йдуть шляхом технічного переоснащення та технологічного оновлення виробництва, може ставити перед собою різноманітні цілі, наприклад: комплексна автоматизація управління виробництвом, використання електроніки, комп'ютерної техніки, впровадження робототехніки чи гнучких автоматизованих систем, комплексна автоматизація технологічних процесів, запровадження конструктивних новинок та скорочення конструктивно-технологічної складності продукції, матеріаломісткості та трудомісткості виробів. При цьому на кожному підприємстві має працювати лідерський центр новаторства, що спонукає до технологічних інновацій. У таких умовах важливими є питання адаптації виробничої структури та прискорення як оновлення, так і виведення незатребуваних машин та устаткування, підвищення гнучкості виробництва у питаннях енерго- та ресурсозбереження.

Залучення існуючих технологій може стати підґрунтям глибокої модернізації виробництва лише у разі високого рівня новизни машин, устаткування, пристроїв та лабораторних приладів. В умовах обмежених інвестиційних та інших ресурсів це може бути здійснено лише за пільгового кредитування чи встановлення довготривалих стосунків із лізингодавцями для забезпечення вигідних лізингових схем, що включають у тому числі сервісний та поворотний лізинг.

Розглянемо модель запровадження технологічної інновації на підприємстві з погляду конфліктно-керованої системи з ієрархічною структурою, з послідовністю рівнів управління, побудованою за принципом абсолютної пріоритетності. Економічні труднощі, що виявляються у падінні продуктивності та зниженні рівня рентабельності, вимагають від керівництва підприємства рішень щодо шляхів скорочення витрат. Головну роль при цьому відіграють технічні інновації як перспективна альтернатива шляху економії за рахунок не виправданих обмежень (зниження якості продукції, перевантаженість персоналу, збільшення рівня забруднення або відмова від соціальних зобов'язань). Діяльність підприємства у відносно стабільному оточенні дає змогу визначити потенційні сфери для технологічного вдосконалення, однак мотивація посилюється, коли процесні зміни у виробництві чи обслуговуванні не забезпечують достатнього ефекту в контексті стратегічних рішень щодо прибутковості.

Так само як зростаючі поточні витрати стимулюють підприємства до пошуку інноваційних способів їх скорочення, запровадження окремих новітніх технологій часто виступає єдиною можливим варіантом ринкової стратегії у зв'язку зі зростаючими вимогами споживачів, підвищенням екологічних та соціальних стандартів виробництва продукції. Таким чином, підприємство може вибирати технологічні інновації, якщо існуючий спосіб виробництва виводить його за межі сучасних споживачьких уподобань.

Завдяки технологічним інноваційним розробкам забезпечується вирішення таких завдань: підвищення енергоефективності, скорочення витрат, зменшення відходів виробництва (чи видобутку), підвищення якості продукції, збільшення кількості операцій, що здійснюються безперервно, скорочення транспортних потоків у цехах та кількості переміщень устаткування, збільшення частки профілактичного (а не ремонтного) технічного обслуговування, зростання надійності виконання робіт, розширення виробничих можливостей, збільшення ефек-

тивності загальної експлуатації устаткування, скорочення витрат на робочу силу та зменшення соціальних витрат завдяки автоматизації або можливості здійснення віддаленого керування, підвищення гнучкості, скорочення часу очікування та обслуговування, збільшення можливостей щодо вимірювання та моніторингу, пришвидшення мобілізації на виконання виробничого завдання, здешевлення дорогих та складних технологічних циклів виробництва чи видобутку.

Підвищення ефективності управління за рахунок новітніх технологій має ґрунтуватися на застосуванні сучасних інформаційних систем як засобу прийняття управлінських рішень в умовах мінливого зовнішнього середовища.

Зв'язок між контекстом та концепцією рішення набуває великого значення, оскільки припущення та аксіома у прикладній математиці ґрунтуються на спостереженні. Планування розвитку підприємства найчастіше охоплює період до п'яти років, при цьому плани періодично переглядаються. Зазвичай корпоративне планування ґрунтується на принципі еволюційності, а відповідно до змін умов у зовнішньому середовищі відбувається корегування планів. Така процедура є далекою від моделювання у контексті сучасних технологічних змін.

Математизація поведінки є складним завданням, саме тому формальна математика має розвиватися у напрямі створення моделей на основі практичних ситуацій. Невід'ємною умовою у встановленні зв'язку з підприємницькою поведінкою є розуміння контексту, в умовах якого побудова моделі та формальний аналіз забезпечать перенесення теоретичного впливу у царину суспільно-економічних дискусій [13; 14].

Сформулюємо та дослідимо динамічну модель зміни технологій із метою вирішення завдання вибору напрямів інноваційно-інвестиційної політики щодо доцільності впровадження нових технологій та, відповідно, виділення необхідних фінансових ресурсів. Розглянемо динаміку розвитку $n \geq 1$ технологій на плановий часовий горизонт T :

$$\dot{x}_i(t) = \{ \gamma_i(x_{i-1}(t), u_i(t)) x_i(t) [Q_i - x_i(t)] \} I(t \geq t_i); t \in [0; T], \quad (1)$$

де $I(\cdot)$ – функція-індикатор, $u_i(\cdot)$ – інвестиції, $Q_1 \leq Q_2 \leq \dots \leq Q_n$ – відомі граничні рівні розвитку технологій, різниця між якими визначає технологічний стрибок, $i \in N = \{1, 2, \dots, n-1\}$ – впорядкована множина технологій, $t_i = 0 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq T$ – скінченна послідовність моментів переходу з однієї технології на іншу. Задамо початкові та кінцеві умови:

$$\begin{aligned} x_i(0) &= x_0 \geq 0, x_i(t) = 0, i \in \{1, 2, \dots, n-1\}, \\ x_i(t_i) &= \max[x_0, x_{i-1}(t_i) - q_i], i \in N. \end{aligned} \quad (2)$$

Моменти часу $\{t_i\} i \in N$ за змістом відповідають переходам на нову технологію, величини $\{q_i\} i \in N$ – втратам, пов'язаним із переходами, $u_i(\cdot) \geq 0$ – динаміці зміни ресурсів, які необхідно витратити на розвиток технологій, $i \in N$. Узагальнене логістичне відображення динаміки i -ої технології враховує швидкість зростання, яка описується функцією $\gamma_i(x_{i-1}(t), u_i(t))$, що залежить від вже досягнутого рівня розвитку $x_{i-1}(t)$ та кількості ресурсів $u_i(\cdot)$. Траєкторія $x(t) = x_i(t)$, $t \in [t_i; t_{i+1}]$, $i \in N$, характеризує динаміку рівня розвитку технологій. Визначимо цей рівень $X(T)$, досягнутий на кінець планового часового горизонту T :

$$X(T) = \max_{i \in N} \{x_i(T)\}. \quad (3)$$

Нехай: 1) $H(X(T))$ – функція, що відображає дохід на кінець планового періоду, який залежить від досягнутого рівня роз-

витку технологій $X(T)$; 2) $F(x(\cdot)) = \int_0^T f(x(t)) dt$ – функціонал доходу, який відображає дохід, що отримано у результаті розвитку технологій; 3) $C(u(\cdot)) = \sum_{i=0}^T u_i(t) e^{-\delta(t)} dt$ – функціонал витрат, де $\delta(t) \in (0; 1]$ – коефіцієнт дисконтування, $u_i(\cdot) = (u_1(\cdot), u_2(\cdot), \dots, u_n(\cdot))$ – вектор динаміки ресурсів, який відображає інвестиційну політику, $\Theta = (t_1 = 0 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq T)$ – вектор моментів часу зміни технологій, який відображає інноваційну політику, множник $e^{-\delta(t)}$ означає, що між моментами технологічних стрибків діє закон спадної продуктивності капіталу.

Накладемо такі обмеження:

$$u_i(t_i) \geq c_i, u_i(t) = 0, t \notin [t_i; t_{i+1}], i \in N, \quad (4)$$

де константи $\{c_i \geq 0\}$ інтерпретуються як інвестиції у нові технології.

Різниця між доходами та витратами дає змогу визначити критерій ефективності, отже, оптимізаційна задача полягає у його максимізації шляхом вибору послідовності Θ зміни технологій та вектора $u_i(\cdot)$ динаміки ресурсів:

$$H(X(T)) + F(x(\cdot)) - C(u(\cdot)) \rightarrow \max_{\Theta, u(\cdot)}. \quad (5)$$

Адитивність у даній задачі полягає у тому, що критерій ефективності визначається різницею функціоналу від термінального значення траєкторії та функціоналу, який залежить від усієї траєкторії, причому моменти переходів упорядковано. Отже, така задача є задачею оптимального управління з фазовими координатами. У загальному випадку необхідно застосувати метод динамічного програмування для пошуку моментів переходів за умови, що оптимальні інвестиції між цими моментами визначаються вирішенням відповідних задач оптимального управління.

До основних параметрів при цьому належать: 1) характеристики технологій – $\{q_i, c_i, Q_i, \gamma_i(\cdot)\}$, де q_i – одномоментні втрати чи доходи, пов'язані із запровадженням нової технології, c_i – інвестиції у нову технологію, Q_i – максимальний рівень розвитку технології (технологічна межа), $\gamma_i(\cdot)$ – залежність швидкості розвитку від інвестицій, $i \in N$; 2) характеристики суб'єкта впровадження нових технологій – початковий рівень розвитку технологій x_0 , плановий часовий горизонт T ; 3) характеристика зовнішнього середовища – коефіцієнт дисконтування $\delta(t)$.

Задача полягає в узгодженому виборі інноваційної та інвестиційної політики з визначенням моментів часу впровадження нових технологій та оптимального графіка його фінансування. Так може вирішуватися задача вибору стратегії інноваційного розвитку підприємства.

Сформулюємо оптимізаційну задачу для випадку двох технологій: $n=2$, $T=100$, $Q_1=1$, $Q_2=3$, $\delta=1$, $H(X)=100X^2$, $F(\cdot) \equiv 0$, $u_1=Const$, $u_2=Const$, $x_2(t_2) = x_1(t_2-1) - q_2$. Варіанти зміни параметрів та відповідних оптимальних рішень наведено у табл. 1 та на рис. 1, де на горизонтальній осі відкладено умовні такти часу, пунктирна лінія відповідає першій технології, суцільна – другій. У четвертому варіанті, де швидкість γ_2 для другої технології критично знижено, пошук оптимального рішення призводить до висновку, що її впровадження є недоцільним.

Таким чином, сформульовано задачу спільного вибору інноваційної та інвестиційної політики у межах динамічної моделі зміни технологій та знайдено оптимальні рішення для окремих випадків запровадження двох технологій.

Висновки. Нині в умовах вітчизняної економіки гостро стоїть питання поширення технологічних інновацій для досягнення сучасного рівня виробництва. Впро-

Параметри та рішення оптимізаційної задачі для двох технологій

| Варіант | Параметри задачі | | | | Оптимальне рішення | | |
|---------|------------------|-------|-------------|----------------------|--------------------|-------|-------|
| | q_2 | x_0 | γ_1 | γ_2 | u_1 | u_2 | t_2 |
| 1 | 0 | 0,1 | $20u_1 x_0$ | $3u_2 x_2(t_2)$ | 0,022 | 0,051 | 71 |
| 2 | 0,4 | 0,3 | $20u_1 x_0$ | $3u_2 x_2(t_2)$ | 0,008 | 0,087 | 79 |
| 3 | 0,2 | 0,1 | $6u_1 x_0$ | $0,01u_2 x_2(t_2)$ | 1,123 | 2,222 | 12 |
| 4 | 0,2 | 0,1 | $6u_1 x_0$ | $0,0001u_2 x_2(t_2)$ | 0,113 | 0 | 100 |

Джерело: авторська розробка

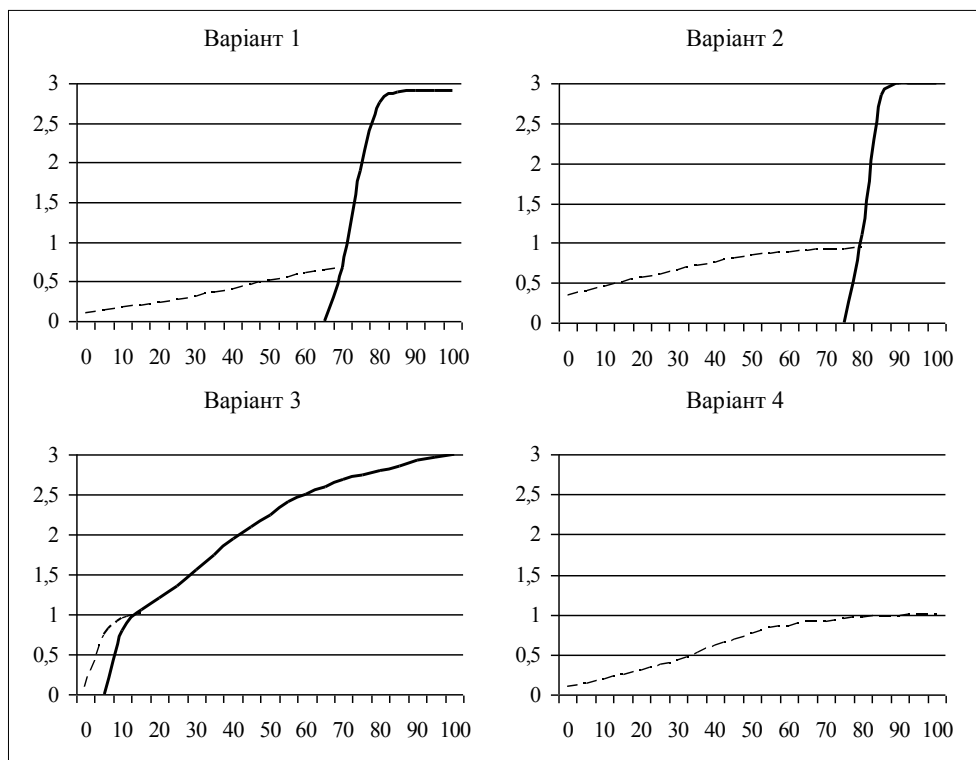


Рис. 1. Графічні рішення оптимізаційної задачі для двох технологій

Джерело: авторська розробка

вадження інновацій у сфері технологій та матеріалів на підприємстві сприяє: ефективній реалізації виробничого плану щодо якості та відповідності вимогам ринку без перевищення норм витрат; оптимізації існуючого кошту-рису витрат за рахунок спрощення виробничих процесів, скорочення кількості операцій, зменшення обсягів ручної праці та зростання продуктивності; здійсненню єдиної науково обґрунтованої політики вдосконалення виробничої бази згідно з вимогами щодо забезпечення адаптивності, мобілізаційної швидкості, точності та якості виробництва; вирішенню проблем забезпечення відповідності

виробничих процесів та виробленої продукції сучасним екологічним вимогам.

У подальшому перспективними виглядають дослідження щодо бар'єрів поширення технологічних інновацій, чинників забезпечення оптимізації інноваційно-інвестиційної політики підприємств, а також аналіз динамічної моделі зміни технологій на підприємстві щодо чутливості (залежності оптимального рішення від параметрів) та узагальнення цієї моделі з метою оптимізації управління портфелем технологій з урахуванням моментів технологічних стрибків.

Список використаних джерел:

1. Geroski P. Models of technology diffusion. *Reserch Policy*. 2000. Vol. 29. № 4–5. P. 603–625.
2. Cohen W.M., Levinthal D.A. Fortune favors the prepared firm. *Management Science*. 1994. Vol. 40. № 2. P. 227–251.
3. OECD. National innovation systems. Paris : OECD Publishing, 1997. 48 p.
4. Borgatti S.P., Mehra A., Brass D., Labianca G. Network analysis in the social sciences. *Science*, 2009. P. 892–895.
5. Granovetter M.S. The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*. 1973. Vol. 78. № 6. P. 1360–1380.
6. Kalnyi S.V., Virchenko V.V. Peculiarities of diffusion of innovations in the regions of Ukraine. *Financial and credit activity: problems of theory and practice*. 2018. Vol. 3. № 26. P. 178–186.
7. Rogers E.M. Diffusion of innovations. 5 uppl. Free Press, 2003.
8. Solow R.M. A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*. 1956. Vol. 70. № 1. P. 65–94.
9. Swan T.W. Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*. 1956. Vol. 32. № 2. P. 334–361.
10. Aghion P., Howitt P. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*. 1992. Vol. 60. № 2. P. 323–351.

11. Sunding D., Zilberman D. The agricultural innovation process: Research and technology adoption in a changing agricultural sector. Amsterdam : Elsevier, 2001. Vol. 1A. P. 207–261.
12. Edquist C. Striving towards a holistic innovation policy in European countries - but linearity still prevails. *STI Policy Review*. 2014. Vol. 5. № 2. P. 1–19.
13. Beerens G.A.C., De Leeuw C.G., Tilanus C.B., Theil H. Applied economic forecasting. Amsterdam : North-Holland, 1966. Vol. 4. 474 p.
14. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, 8-th Edition. N.Y. John Wiley & Sons, 2003. 912 p.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности распространения технологических инноваций и факторы, влияющие на его скорость. Проанализированы преимущества внедрения технологических инноваций на предприятии, а также ограничения и барьеры, возникающие в процессе технологического обновления производства. Отмечено, что внедрение новейших технологий часто выступает единственно возможным вариантом рыночной стратегии в связи с повышением экологических и социальных стандартов производства продукции. Обоснована возможность применения динамического моделирования при планировании внедрения технологических инноваций. Разработана задача оптимизации инновационно-инвестиционной политики предприятия и предложен способ ее практического применения для частного случая внедрения двух технологий.

Ключевые слова: распространение инноваций, технологическое обновление, технологический скачок, динамическая модель смены технологий, задача оптимизации инновационно-инвестиционной политики предприятия.

PROMOTING EFFICIENT IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AT THE ENTERPRISE

Summary. The paper considers peculiarities of diffusion of technical innovations and factors that impact implementation rates of innovative technologies. Popular innovations distributes faster not only due to successful marketing, lower price or pioneering on market, but also owing to additional economic benefits and adaptation of working environment in comparison to existing technologies, compatibility with existing technologies, consistency with current social institutions, ease of perception, possibility of testing and use in practice, clearly defined economic or organizational effect. Enterprises that do not have enough resources and abilities to provide internal R&D and HR to generate innovations actively use web of knowledge to cooperate with scientific institutions and get an access to external innovations. Moreover, integrated modernization of production under limited funding can be provided only with preferential credits or leasing, that includes service leasing and leaseback. The paper points out advantages of technical innovations for enterprises, as well as limits and barriers which complicates technical re-equipment of production process. Cost-saving incentives stimulates enterprises to search of innovations and adopt new technologies to realize effective market strategies and increase ecological and social standards of production. Enterprise can choose technologies innovations to improve current production approach and effectively address modern consumer needs. Sustainable economic development depends on abilities to constant restructuring towards new technologies diffusion. Conversely, implementation of technological innovations becomes complicated due to ineffective resources allocation and weak innovation policy. The paper justifies possibility of application of dynamic modeling in planning of technological innovations implementation, which helps to define direction of innovation processes development and form effective technological strategy. Authors defined ways of improving innovation and investment policy of the enterprise and field of their application for specific case of implementation of two technologies simultaneously.

Key words: diffusion of innovations, technical re-equipment, technological leap, dynamic model of technology change, optimization of innovation and investment policy of the enterprise.