

УДК 519.866:658.149.3

Рудь Н.Т.

Луцький національний технічний університет.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСФЕРУ ТЕХНОЛОГІЙ

**Рудь Н.Т. Математичне моделювання процесів трансферу технологій.** В статті запропонована модель трансферу технологій в регіоні у вигляді орієнтованого графа. Процес трансферу технологій описаний системою рівнянь балансу грошових потоків для суб'єктів інноваційної діяльності. Розв'язок системи рівнянь дозволяє оцінити динамічний індекс, який характеризує ефективність трансферу технологій.

**Ключові слова:** наука, виробництво, інноваційна інфраструктура, трансфер технологій, модель.

**Рудь Н.Т. Математичне моделирование процессов трансфера технологий.** В статье предложена модель трансфера технологий в регионе в виде ориентированного графа. Процесс трансфера технологий описан системой уравнений баланса денежных потоков для субъектов инновационной деятельности. Решение системы уравнений позволяет оценить динамический индекс, характеризующий эффективность трансфера технологий.

**Ключевые слова:** наука, производство, инновационная инфраструктура, трансфер технологий, модель.

**Rud N. Mathematical modeling technology transfer processes.** Innovation transformation of the region involves the development of their own approach to the transfer of innovative technologies, which should take into account the conditions, opportunities, prospects and reserves, i.e. the innovation potential of the region. It is necessary to provide for a close relationship and possibility of transfer to the programs and projects results implementation, basic research to scientific applications, and achievements of the past - to the scientific, technical and innovative programs and further - to the economic, environmental and social programs. Mediation in science and innovation sphere on the information transfer between the stages of the innovation process is an activity to ensure technology transfer. This article describes a model of transfer of technologies in a region, which is represented as oriented graph. The process of transfer of technologies is given by a system of balance equations of monetary transfers for the participants of the innovative activity. The solution of the system of equations helps to estimate the dynamic index, which characterizes the efficiency of the transfer of technologies.

**Keywords:** science, industry, innovative infrastructure, transfer of technologies, model.

**Постановка проблеми.** Зростаюча актуалізація трансферу та комерціалізації технологій визначається тим, що сьогодні наукові установи та промислові підприємства все більше зацікавлені в прикладному використанні результатів своїх наукових та дослідно-конструкторських робіт (НДДКР). Результативність роботи лабораторій, інститутів, університетів, відділів НДДКР промислових підприємств у всьому світі все більшою мірою оцінюється з точки зору економічної ефективності комерціалізації та використання технологій як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках.

Реальність сучасних взаємовідносин між наукою та промисловістю, знаннями та досвідом, технологічним процесом та продукцією, яка випускається, містить багато складностей та вимог, що потребують окремого розгляду та вивчення. Саме з погляду на перспективність цього напрямку діяльності слід відокремити ряд питань, щоб дозволяли виділити завдання на шляху до встановлення механізму співпраці наукового та виробничого секторів регіонів держави. Діагностика, системний аналіз, формування стратегії й тактики, все це є невід'ємними частинами здійснення трансферу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні аспекти трансферу технологій достатньо досліджуються вітчизняними й закордонними вченими. До найбільш значимих праць у цій області можна віднести роботи наступних авторів: Н. Арзамасцева, Н.І. Чухрай, В.В. Тітова, В.Г. Зінова, П.М. Цибульова, Л. Мінделі, А. Фурсенко, Н. Фонштейн та ін. Серед закордонних вчених слід особливо зазначити Х. Бремера, Р. де Вола, М. Портера, Р.Фостера.

Трансфер від одної стадії до іншої – це теоретичне позначення напрямку процесу. В дійсності, на думку Б. Санто [1], трансферу, як функціональної ланки немає, все виконується само собою, якщо система дійсно працює. Важливішим є надання системі відповідної свободи дій і сприятливих умов. На думку І. Дежиної і В. Салтикова [2, с.190], комерціалізація – це самий важливий елемент інноваційного процесу. Крім того, Жиц Г.І. та Квашніна М.Н. відмічають, що слабкою ланкою в системі практичної реалізації досягнень науки є комерціалізація результатів НДДКР [3].

Актуальність дослідження процесів трансферу технологій підтверджують роботи таких вчених, як Чухрай Н.І. [4], Фонштейн Н.М. [5], Шапошнікова А.А. [6], Мухіна А.П. [7], Лаптева Г.Д. [18], Тітова В.В. [9].

Незважаючи на наявність публікацій за даною тематикою, питання застосування і організації трансферу технологій і цілісний підхід до цієї наукового осмислення процесу трансферу технологій і механізму його реалізації в науково-інноваційній сфері регіону в сучасних умовах зумовлює необхідність здійснення досліджень даного питання.

**Мета статті** – моделювання процесу трансферу технологій для оцінки його ефективності.

**Виклад основного матеріалу.** Одне із основних завдань реалізації інноваційних процесів в регіонах є встановлення ефективного зв'язку науки з виробництвом і дієвих механізмів доведення науково-технологічної продукції до рівня товару. Як відомо, найбільш ефективною моделлю взаємодії науки і виробництва, з'єднуючою ланкою між розробником і споживачем інновацій, між науковою ідеєю і її практичним втіленням, є трансфертні механізми.

Трансфер технологій, якщо він добре організований, успішно й інтенсивно функціонує, стає основним способом реалізації стратегічних альтернатив інноваційного розвитку регіону. При цьому активізується цілеспрямована підприємницька діяльність, зменшується тривалість інноваційного процесу, вмикаються механізми планомірного пошуку і генерування інноваційних ідей, сприяння у їх реалізації. У той же час, високоорганізована передача технологій можлива лише за наявності розвиненої системи інфраструктурного забезпечення в регіоні [10].

Для оцінки інноваційного розвитку економічної системи запропонований узагальнений показник:  $\dot{t}^{\text{®}} = \varphi \dot{t}^{\mu}$ , де  $\varphi$  – динамічний індекс, що характеризує ефективність трансферу інноваційних технологій;  $\dot{t}^{\mu}$  – ресурсна складова для здійснення інноваційних процесів.

У [11] приведена методика оцінки інноваційного потенціалу  $\dot{t}^{\mu}$ , розглянуті приклади застосування даної методики до аналізу різних економічних систем. Наступним завданням є оцінка динамічного індексу  $\varphi$ , що характеризує ефективність трансферу технологій.

На рис. 1 представлена модель трансферу технологій стосовно мезоекономічної системи (регіон).

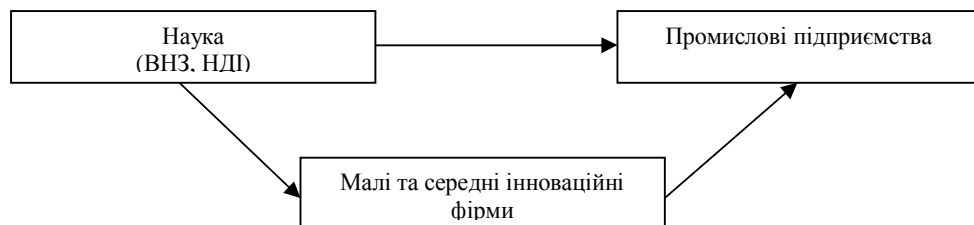


Рис. 1. Схема трансферу технологій у регіоні

Рис. 1 показує дві можливості:

- прямого впровадження результатів наукових досліджень науково-дослідних інститутів і вузів на промислових підприємствах;
- просування інновацій на промислові підприємства через інноваційні структури.

Для другого варіанту можна виділити такі стадії інноваційного процесу:

1) *етап наукової розробки проекту* – науково-технологічна ідея розробляється в дослідницькій організації – ВНЗ або НДІ. Розробка ідеї, як правило, йде в рамках виконання теми, що фінансується із держбюджету, або, маючи конкретного замовника промисловості, в рамках виконання договірної НДР;

2) *етап виробництва дослідних зразків чи малих серій інноваційної продукції* виконується малими і середніми інноваційними підприємствами, що тісно взаємодіють з науковими організаціями і ставлять своєю метою комерціалізацію результатів наукових досліджень;

3) *етап серійного виробництва* виконується крупними промисловими підприємствами. При цьому, метою інноваційного процесу є досягнення саме цієї стадії, на якій здійснюється

серійний випуск інноваційної продукції і її пропозиція на ринку товарів та послуг.

Інноваційний процес (рух від ідеї до результату у вигляді інноваційної продукції) є процесом проходження вищеперахованих стадій. При цьому основна мета інноваційного розвитку полягає в досягненні максимальної ефективності цього процесу, яка визначається кількісно повнотою та швидкістю руху по інноваційному циклу. На рис. 2 представлений орієнтований граф, що ілюструє рух ресурсу за стадіями трансферу технологій. Ребра і вершини цього графу представлені суцільними або пунктирними лініями. Вершини, позначені пунктиром, відповідають основним стадіям інноваційного процесу. Із рисунку видно, що ці вершини є точкамигалуження, після яких інноваційний процес може йти різними шляхами. Вершини, зображені суцільною лінією, відповідають проміжним або кінцевим фінансовим результатам інноваційного процесу. Відповідно, по ребрах, зображених суцільною лінією здійснюється перехід продукту від однієї стадії до іншої, а по ребрах, зображених пунктирною лінією, – створення доданої вартості. Таким чином, сам трансфер технологій здійснюється по ребрах, зображених суцільною лінією, а супроводжуюча його зміна фінансового потоку – по ребрах, зображених пунктирною лінією.

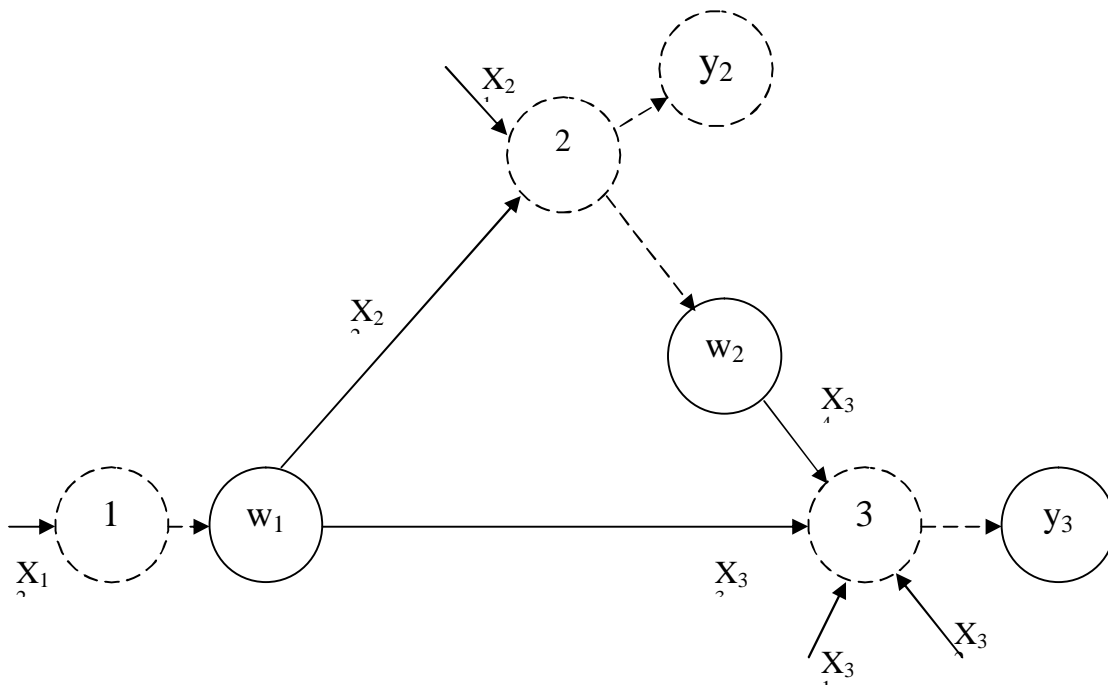


Рис. 2. Графічна інтерпретація розрахунків з трансферу інновацій

Для характеристики ефективності процесу трансферу технологій доцільно використовувати економічні показники – витрати, прибуток, виручку. Складемо для кожного з вузлів, зображених пунктирною лінією, рівняння балансу. У результаті отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} x_1 + p_1 = w_1, \\ x_2 + p_2 = w_2 + y_2, \\ x_3 + p_3 = y_3. \end{cases} \quad (1)$$

де  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) – витрати  $i$ -того вузла;

$p_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) – сума прибутку, який може бути отриманий від реалізації наукових розробок і інноваційної продукції для відповідних вузлів;

$w_i$  ( $i = 1, 2$ ) – проміжні результати інноваційного циклу, готові до трансферу технологій;

$y_1$  ( $i = 2, 3$ ) – дохід від реалізації інноваційної продукції.

Розглянемо детальніше складові кожного вузла моделі.

1. Наука (НДІ і ВНЗ) – перше рівняння системи (1):

$x_1 = a_1 w_0$  – витрати на інноваційну складову наукової діяльності;  $w_0$  – сумарний по регіону обсяг НДР і ДКР, що виконується науковими організаціями;  $a_1$  – коефіцієнт ефективності вкладення коштів у наукові дослідження і розробки ( $0 < a_1 < 1$ );

$w_1$  – вартість об'єктів інтелектуальної власності (патенти, ліцензії, технічні звіти, статті і ін.), створені ВНЗ і НДІ у результаті наукової діяльності.

2. Малі і середні інноваційні фірми — друге рівняння системи (1):

$x_2$  – витрати малих і середніх підприємств на випуск інноваційної продукції, що включають наступні складові:

$b_2^1 x_2^1$  – витрати на освоєння і випуск власних розробок інноваційної продукції ( $x_2^1$  – витрати на власні розробки інноваційної продукції;  $b_2^1$  – коефіцієнт ефективності впровадження власних розробок,  $b_2^1 \geq 0$ );

$b_2^2 x_2^2$  – витрати на випуск інноваційної продукції при освоєнні об'єктів інтелектуальної власності, придбаних у НДІ і ВНЗ ( $x_2^2 = c_{12} w_1$  – витрати на купівлю об'єктів інтелектуальної власності у НДІ і ВНЗ,  $c_{12}$  – коефіцієнт передачі, що характеризує сприйнятливність підприємств малого і середнього бізнесу в регіоні до науково-технічних розробок, здійснюваних у НДІ і ВНЗ,  $0 \leq c_{12} \leq 1$ ,  $b_2^2$  – коефіцієнт ефективності освоєння придбаних розробок,  $b_2^2 \geq 0$ );

$w_2$  – обсяг реалізованої продукції малими і середніми інноваційними підприємствами, яка може використовуватися промисловими підприємствами для серійного виробництва;

$y_2$  – обсяг реалізованої «під замовлення» малими і середніми підприємствами інноваційної продукції, не призначеної для подальшого використання у серійному виробництві.

3. Промислові підприємства – третє рівняння системи (1):

$x_3$  – витрати промислових підприємств на випуск інноваційної продукції, що включають наступні складові:

$b_3^1 x_3^1$  – витрати на освоєння і випуск власних розробок інноваційної продукції ( $x_3^1$  – витрати на власні розробки інноваційної продукції,  $b_3^1$  – коефіцієнт ефективності освоєння власних розробок,  $b_3^1 \geq 0$ );

$b_3^2 x_3^2$  – витрати на освоєння інноваційних технологій, придбаних за кордоном ( $x_3^2$  – витрати на купівлю інноваційних технологій за кордоном,  $b_3^2$  – коефіцієнт ефективності освоєння імпортованих розробок,  $b_3^2 \geq 0$ );

$b_3^3 x_3^3$  – витрати на випуск інноваційної продукції при освоєнні об'єктів інтелектуальної власності, придбаних у НДІ і ВНЗ ( $x_3^3 = c_{13} w_1$  – витрати на купівлю об'єктів інтелектуальної власності у НДІ і ВНЗ,  $c_{13}$  – коефіцієнт передачі, що характеризує сприйнятливність промислових підприємств у регіоні до науково-технічних розробок, здійснюваних в НДІ і ВНЗ,  $0 \leq c_{13} \leq 1$ ,  $b_3^3$  – коефіцієнт ефективності освоєння розробок, придбаних у НДІ і ВНЗ,  $b_3^3 \geq 0$ );

$b_3^4 x_3^4$  – витрати на випуск інноваційної продукції при освоєнні об'єктів промислових зразків, придбаних у малих і середніх підприємств ( $x_3^4 = c_{23} w_2$  – витрати на купівлю промислових зразків у малих і середніх підприємств,  $c_{23}$  – коефіцієнт передачі, що характеризує сприйнятливість крупними підприємствами розробок наукових організацій і підприємств малого і середнього інноваційного бізнесу,  $0 \leq c_{23} \leq 1$ ,  $b_3^4$  – коефіцієнт ефективності освоєння розробок, придбаних у малих і середніх підприємств,  $b_3^4 \geq 0$ );

$y_3$  – дохід промислових підприємств від випуску інноваційної продукції. Трансфер інноваційних технологій створює ефект мультиплікатора, який визначається таким співвідношенням:

$$y = \mu y'' \quad (2)$$

де  $y = y_2 + w_2 + y_3$  – сумарний обсяг інноваційної продукції, виготовлений у регіоні малими і середніми, а також крупними промисловими підприємствами;  $y'$  – обсяг інноваційної продукції у регіоні у відсутності трансферу технологій ( $c_{12} = c_{13} = c_{23} = 0$ ),  $\mu = 1/(1-k)$  – мультиплікатор трансферу технологій;  $k$  – динамічний індекс, що характеризує ефективність трансферу технологій ( $0 \leq k \leq 1$ ).

Індекс  $k$  позначає граничну схильність до трансферу технологій у регіоні (показує, яка частина інноваційної продукції отримана в результаті трансферу технологій). Вираз для  $k$  може бути отриманий як різниця (1) – (2) в припущенні, що  $p_2 = p_3 = 0$ :

$$k = \frac{y''}{y} = \frac{y''}{y' + y''}, \quad (3)$$

де  $y' = x_2^1 b_2^1 + x_3^1 b_3^1 + x_3^2 b_3^2$  – обсяг інноваційної продукції, отриманої в результаті власних розробок і імпорту технологій;

$y'' = c_{12} w_1 b_2^2 + c_{13} w_1 b_3^3 + c_{23} w_2 b_3^4$  – обсяг інноваційної продукції, отриманої за рахунок трансферу технологій.

Таким чином, у відсутності трансферу технологій функціональний індекс  $k = 0$ . Це означає, що інноваційна продукція локалізована на окремих підприємствах (або взагалі відсутня), немає руху в рамках інноваційного циклу, мультиплікатор дорівнює одиниці, інноваційна система регіону працює у край неефективно. На жаль, подібна або близька ситуація спостерігається в даний час у ряді регіонів України.

Разом з тим, ефективний трансфер технологій, при якому коефіцієнти передачі  $c_{12}, c_{13}$  і  $c_{23}$  близькі до одиниці, функціональний індекс  $k > 0$ , а мультиплікатор  $\mu > 1$ , дозволяє істотно збільшити обсяг інноваційної продукції у регіоні.

1. Санто Б. Сила инновационного развития / Б. Санто // Инновации. – 2004. – №2(69). – С.5–15.
2. Дежина И. Механизмы стимулирования коммерциализации исследований и разработок / И. Дежина, Б. Салтыков // Общество и экономика. – 2004. – №7–8. – С. 189–194.
3. Жиц Г.И. Коммерциализация новшеств и инновационный трансфер: некоторые подходы к трактовке понятий / Г.И. Жиц, М.Н. Квашнина // Инновации. – 2006. – №11(98). – С.47–51.
4. Чухрай Н.І. Трансфер і комерціалізація технологічних інновацій / Н.І. Чухрай // Економіка України. – 2002. – №3 (17). – С. 160–166.
5. Фонштейн Н.М. Трансфер технологий и эффективная реализация инноваций / Н.М. Фонштейн. – М.: Акад.нар.хоз. при правительстве РФ, 1999. – 294 с.
6. Шапошников А.А. Трансфер технологий: Определение и формы / А.А. Шапошников // Инновации. – 2005. – № 1(78). – С. 57–60.
7. Мухин А.П. Коммерциализация научно-технических разработок: учебно-практическое пособие / А.П. Мухин, Н.В. Арзамасцев, В.П. Ващенко, И.Д. Вершинин и др. – М.: АМРИП, 2001. – 173с.

8. Лаптев Г.Д. Трансфер технологий как экономическая категория / Г.Д. Лаптев. Режим доступа: [Электронный ресурс]. – <http://eng.iptt.demosite.ru>.
9. Титов В.В. Трансфер технологий / В.В. Титов. Режим доступа: [Электронный ресурс]. – <http://civt - 213a.ksu.ru/content/fag>.
10. Соловйов В.П. Питання ефективної організації трансферу технологій в Україні / В.П. Соловйов // Інвестиції та інноваційний розвиток (науково-практичний бюлетень). – 2008 – №3. – С.14–19.
11. Максимов Ю. Инновационное развитие экономической системы: оценка инновационного потенциала / Ю. Максимов, С. Митяков, О. Митякова, Т. Федосеева // Инновации. – 2006. – №6. – С. 53–57.