

**Моделювання впливу інтелектуального
капіталу на формування та функціонування
технологічного укладу**

На основі теорії бифуркацій (катастроф) запропонована динамічна модель впливу інтелектуального капіталу на процес формування технологічного виробничого укладу. Проаналізовано ефекти, що виникають при заміщенні технологічних укладів.

Ключові слова: інтелектуальний капітал, технологічний уклад, модель, моделювання, теорія бифуркацій.

Використання інформацій та знань спричинилося до зростання ролі та значення розумової праці. Наслідком такого процесу стала інтелектуалізація економіки, проникнення інтелектуальної праці в увесь спектр виробничих відносин, автоматизації виробництва та зростання частки працівників, що мають професійну підготовку, освіту, для яких знання у роботі відіграють практичну роль.

Сьогодні в основі формування доданої вартості лежить процес використання творчої праці, інформації та знань для виробництва продукції у вигляді винаходів, інновацій, ноу-хау, технологічних способів та технологій організації виробництва. Це характеризує знання та інформацію як фактор виробництва поряд з іншими («класичними») факторами. Тобто знання набувають «капітальної» форми, що дозволяє говорити про їх трансформацію в інтелектуальний капітал (ІК).

Дослідженню інтелектуального капіталу та його впливу на соціально-економічний розвиток приділяється значна увага як серед зарубіжних, так і вітчизняних вчених. Проблемами дослідження сутності ІК присвячені роботи М. Барроса, Г. Беккера, Е. Брукінг, Дж. Мінцера, М. Мелоуна, Д. Моррісона, Р. Нельсона, Р. Капелюшнікова, Р. Річарда, Д. Тобіна, К. Тейлора, Д. Шнайдера, Я. Фітц-енца та ін. Чималий внесок у розвиток світового наукового знання у сфері дослідження інтелектуального капіталу зробили українські вчені: В. Бирський, Д. Богиня, В. Геєць, О. Грішнова, В. Порохня, А. Чухно та ін.

Але попри це, окремі аспекти інтелектуального капіталу залишаються недостатньо вивченими та дослідженими, зокрема моделювання його впливу на формування та функціонування технологічних укладів, які безпосередньо впливають на динаміку макроекономічного зростання. У цьому полягає *актуальність* нашого дослідження.

Метою даної роботи є створення динамічної моделі нагромадження в часі інтелектуального капіталу суспільства та його впливу на формування технологічних виробничих укладів. В даному випадку інтелектуальний капітал підприємства, галузі, регіону чи окремої країни будемо розуміти як обсяг накопиченої професійної освіти, творчої праці, наукової інформації та знань на шляху досягнення певної мети чи реалізації певної стратегії і

вимірювати обсягом коштів, що виділяються для цього, в розрахунку на одного працюючого.

На основі мети сформуємо такі цілі:

1. Розкрити сутність та різновиди технологічних укладів.
2. Дослідити особливості моделювання впливу інтелектуального капіталу на технологічні уклади.
3. Запропонувати динамічну модель нагромадження та впливу ІК на формування технологічних укладів.

Вивчення причин циклічності довготривалих коливань ділової активності в економіці країн логічно привело до виникнення концепції технологічної багатокладності виробництва. На сьогодні загальноприйнятою є точка зору про існування шести технологічних укладів (табл. 1), де під поняттям технологічного укладу розуміється сукупність технологій та виробництв одного рівня [2].

Аналіз досвіду високорозвинених країн свідчить, що технологічна структура їхньої економіки орієнтована переважно на використання технологій шостого та п'ятого укладів. Високотехнологічна багатофункціональна продукція галузей забезпечує конкурентоспроможність економіки в цілому і є джерелом зростання доданої вартості.

Дослідження свідчать про те, що в ринковій економіці становлення та зміна технологічного укладу проявляється у формі довгих хвиль економічної кон'юнктури. В залежності від фази життєвого циклу технологічного укладу змінюються темпи економічного зростання і ділової активності.

Моделювання обсягу суспільного виробництва в умовах функціонування технологічного укладу характеризується тим, що в кожний момент часу нарощується певний технологічний фонд, від величини якого суттєво залежить швидкість подальшого зростання обсягу виробництва. Вказаний процес, за

Таблиця 1

Технологічні уклади

№ укладу	Роки (приблизно)	Ядро укладу	Ключовий фактор
1.	1780-1840	Текстильна промисловість, виплавка чавуну, обробка заліза, будівництво каналів	водяний двигун
2.	1840-1890	Залізничний та пароплавний транспорт, машино- та верстатобудування, вугільна промисловість	паровий двигун
3.	1890-1940	Електротехнічне машинобудування, неорганічна хімія, кораблебудування, важке озброєння, виробництво сталі	електродвигун
4.	1940-1990	Автомобілебудування, моторизоване озброєння, синтетичні матеріали, кольорова металургія, органічна хімія, електронна промисловість	двигун внутрішнього згорання
5.	1990-2020	Обчислювальна техніка, програмне забезпечення, телекомунікації, роботобудування, оптичні волокна	газові технології
6.	після 1995	Біотехнології, нанотехнології, оптоелектроніка, аерокосмічна промисловість	нетрадиційні джерела енергії

твердженням Р. М. Нижегородцева [3], можна описати логістичною кривою, що задається диференціальним рівнянням

$$\frac{dy}{dT} = a(y - k_1)(k_2 - y), \quad a > 0, \quad (1)$$

де $y(T)$ – технологічно значущий результат, що досягається даним технологічним укладом при сукупних витратах T (витрат часу, витрат людського капіталу тощо);

k_1, k_2 – відповідно мінімально та максимально можливий технологічно значущий результат функціонування даного технологічного укладу;

a – параметр, що впливає на швидкість зміни $y(T)$.

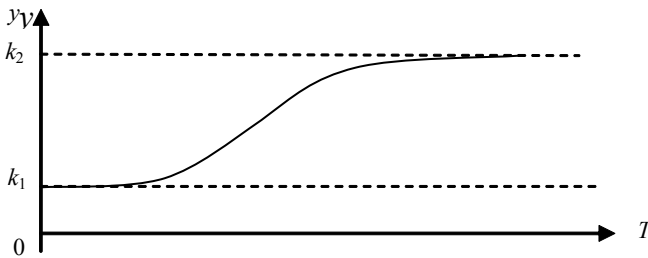


Рис. 1. Динаміка технологічно значущого результату $y(T)$ від витрат ресурсів.

Графічно динамічна величина $y(T)$ має вигляд, зображений на рис. 1.

Життєвий цикл технологічного укладу закінчується процесом заміщення, при чому його тривалість має тенденцію до скорочення. Графічно заміщення технологічного укладу одного рівня іншим протягом часу відбувається так, як зображено на рис. 2 [4].

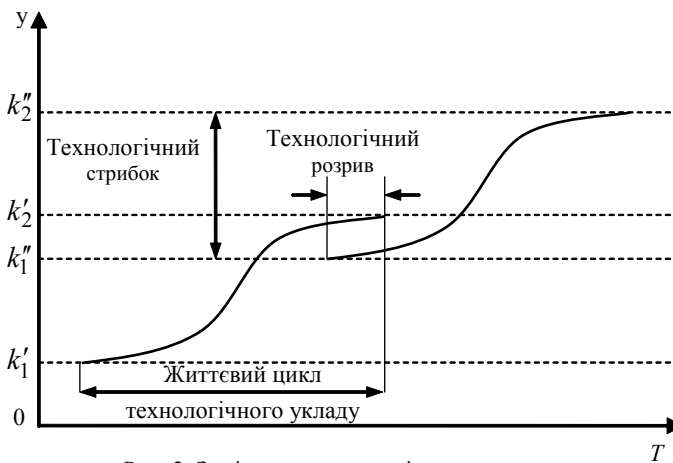


Рис. 2. Заміщення технологічного укладу

Процес заміщення технологічного укладу, як вказується в [4], може відбуватися більш швидко або повільно. В останньому випадку час технологічного розриву характеризується відсутністю провідного технологічного укладу в галузі, коли технології, що використовуються, не відповідають передовим умовам виробництва (мо-

рально застарівають), проте перехід до нового укладу ускладнений недостатнім розвитком новітніх технологій.

Тривалий час життєвого циклу та заміщення технологічного укладу призводить до нерівномірності економічного зростання. Під час заміщення домінуючих технологічних укладів країна-лідер 3 рівня економічного розвитку стикається з моральним знецінюванням технологічного та людського капіталу.

Все ж одночасно з цим країна-лідер отримує потенційну можливість до зростання показника частки доданої вартості.

Рівні оволодіння технологічних укладів за галузями матеріального виробництва визначають відповідно до долі доданої вартості, а отже й сукупного обсягу доданої вартості, тобто валового національного продукту. Розподіл валового національного продукту за доходами та його подальше використання приводить до здійснення відповідної інвестиційної політики. Розподіл інвестицій на інтенсивні та екстенсивні, своєю чергою, впливає на рівень використання технологічних укладів.

Рівень використання суспільством функціонуючого технологічного укладу – це узагальнюючий показник, що розраховується на базі існуючої структури інвестицій в основний капітал та наявних трудових ресурсів, що можуть працювати в нових технологічних умовах. Таким чином, показники прямо пов'язані з обсягом людського капіталу у виробничому та дослідницькому секторах.

Оскільки освоєння знань можна оцінювати як експоненційне зростання в часі з певним темпом, що визначається обсягом коштів, які виділяються бюджетом країни на справу підвищення інтелектуалізації людського капіталу та технологічного (структурного) капіталу, то накопичення інтелектуального капіталу можна описувати такою математичною моделлю:

$$\frac{dx}{dt} = rx, \quad x(t_0) = x_0, \quad (2)$$

де $x(t)$ – інтелектуальний капітал, накопичений на час t ;
 r – заданий темп зростання, в загальному випадку $r = r(t)$.

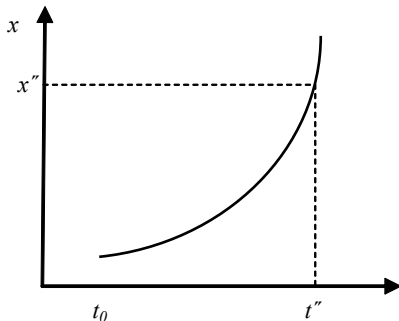


Рис. 3. Динаміка накопичення інтелектуального капіталу

Таким чином, обсяг інтелектуального капіталу при $r > 0$ є монотонно зростаючою функцією часу, що визначається освітньою політикою держави. Графічно при $r = \text{const} > 0$ функція $x(t)$ представляє експоненту (рис. 3).

В певний час t^* експонента $x(t)$ досягне деякого порогового значення x^* , коли починає формуватися новий технологічний уклад, що вимірюється, як вказувалося вище, обсягом внутрішнього національного продукту на одного працюючого.

Повертаючись до моделі (1), визначимо, що в ній наявні два стани рівноваги (стаціонарні розв'язки) k_1 та k_2 ($0 < k_1 < k_2$).

Лінеаризуємо диференціальне рівняння (1) в околі точки рівноваги k_1 . Тоді маємо таке лінійне наближення:

$$\frac{d\bar{y}}{dT} = a(k_2 - k_1)\bar{y}, \quad y = k_1 + \bar{y}$$

Аналогічно, в околі точки рівноваги k_2 одержуємо лінійне наближення:

$$\frac{d\bar{y}}{d\Gamma} = -a(k_2 - k_1)\bar{y}, \quad y = k_2 + \bar{y}$$

Виявляється, що при $a < 0$ стійкою буде точка k_1 , а при $a > 0$ – стійка точка k_2 . Таким чином, при $a = 0$ відбувається біфуркація обміну стійкості між двома станами рівноваги. В термінах інформаційного підходу це може бути сформульовано таким чином. Поведінковий код (або ж алгоритм) системи полягає в тому, що одержуючи інформацію про значення $a < 0$, вона плавно переходить в стан k_1 (або залишається в ньому, якщо в ньому ж і перебувала). У випадку надходження інформації про значення $a > 0$, відбувається зворотне плавне переключення. Подібні системи відомі в кібернетиці як «тригерні».

Перехід величини параметра через значення $a = 0$ не приводить до порушення неперервності розв'язку диференціального рівняння (1), проте його якісна поведінка змінюється, оскільки змінюється його асимптотика. Швидкість наближення розв'язку до стійкого рівноважного стану залежить від того, наскільки далеко величина a відхилилася від нуля.

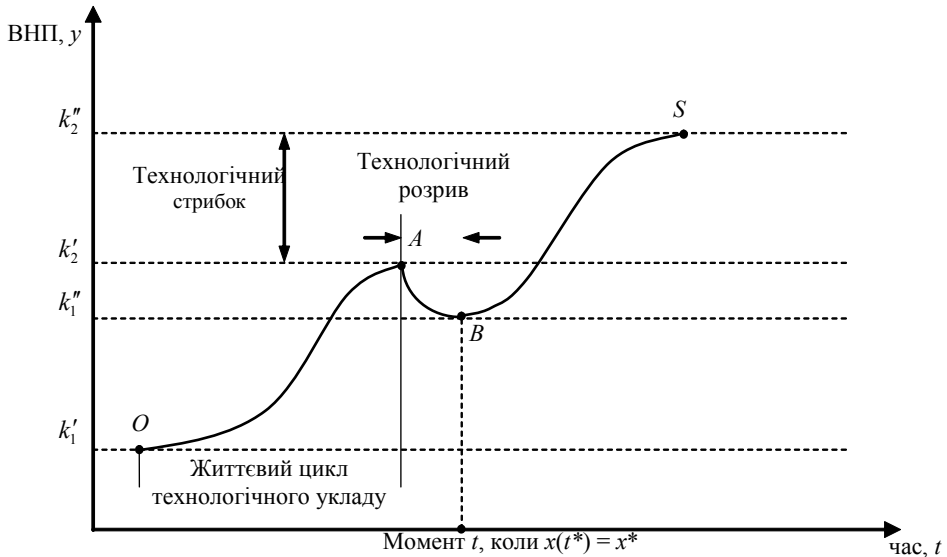


Рис. 4. Динаміка освоєння та переходу економіки країни на новий технологічний уклад

Не виникає сумніву, що обсяг інтелектуального капіталу x при переході його через задане порогове значення x^* включає внутрішні механізми формування (освоєння) наступного технологічного виробничого укладу. Це дає право на створення відповідної математичної моделі на базі теорії біфуркації (теорії катастроф) [5; 6] і використанні при цьому методу «внутрішніх біфуркацій» [7]. Такою пропонується динамічна модель:

$$\frac{dx}{dt} = rx, \quad r > 0, \tag{3}$$

$$\frac{dx}{dy} = (x - x^*) a (y - k_1) (k_2 - y), \quad a > 0$$

Графічно динаміка освоєння та переходу економіки країни на новий технологічний уклад з врахуванням ефекту заміщення технологічних укладів, зображеного на рис. 2, може бути представлена на рис. 4.

На рис. 4 точка *A* відповідає стану, коли попередній технологічний уклад майже вичерпав себе і прийнято рішення освоювати наступний технологічний уклад, хоча значення валового національного продукту на одного працюючого $x(t)$ ще не досягло свого порогового значення x^* . Точка *B* відповідає стану, коли $x(t)$ досягає свого порогового значення x^* . Тобто, крива *AB* описує стан волюнтаристського рішення про освоєння наступного технологічного укладу, хоча рівень інтелектуального капіталу ще не досяг свого порогового значення x^* . В цей час ВВП на одного працюючого падає, оскільки наявний інтелектуальний капітал ще не спроможний повністю освоїти новий технологічний уклад. Криві *OA* та *BS* описують процес функціонування попереднього та наступного укладів.

Динаміка ВВП на одного працюючого в попередньому (*OA*) та наступному (*BS*) технологічному укладі має такі закономірності розвитку:

- зі зростанням часу (тобто витрат на впровадження та вдосконалення технологічного укладу) його ВВП на одного працюючого може лише зростати, тобто $y(t)$ повинно представляти собою монотонно зростаючу функцію на всій області визначення відповідного технологічного укладу;
- швидкість зростання величини $y(t)$ прямо пропорційна її відриву від мінімального можливого значення k_1' та k_2'' , тобто чим більша різниця $y(t) - k_1'$ (або $y(t) - k_2''$), тим більше значення першої похідної;
- швидкість зростання величини $y(t)$ в міру наближення до свого максимально можливого значення ВВП на одного працюючого уповільнюється, тобто чим менша різниця $k_1' - y(t)$ (або $k_2'' - y(t)$), тим значення першої похідної ближче до нуля;
- величина $x(t) - x^*$ відіграє роль зовнішнього впливу, що корінним чином впливає на поведінку $y(t)$ (змінюється якісна картина динаміки функції $y(t)$).

Відзначимо дві особливості розв'язків динамічної моделі (3). Перша особливість – це наявність технологічного розриву *AB* (рис. 4), коли ВВП на одного працюючого падає (витрати перехідного періоду). Ця особливість пояснює циклічність коливного процесу нарощування економічного (технологічного) прогресу, що спостерігається в світі протягом століть. При цьому падіння ВВП на одного працюючого має обвальний характер, який поступово переходить у плавне уповільнення, що закінчується плавним його нарощуванням при переході інтелектуального капіталу через порогове значення x^* . Друга особливість – несиметричність динамічної системи (3), що добре ілюструє різний індикаційний зміст показників x та y . З одного боку, показник y може прямувати до двох альтернативних значень k_1 та k_2 і таким чином за його значенням легко оцінити стан системи. З іншого боку, відмінність у динаміці цього показника є другорядною, бо першорядною є перехід величини x через порогове значення x^* . Більше того, оцінюючи близькість x та x^* , можна оцінити принципову можливість переходу системи в новий стан. Тому в цілому перший показник (тобто x) є більш цінним для ідентифікації системи.

Таким чином, у даній роботі одержаний новий науковий результат стосовно динаміки ВВП на одного працюючого, пов'язаної з переходом економічної

системи на наступний технологічний уклад. Показаний істотний якісний вплив обсягу інтелектуального капіталу на динаміку відповідного ВНП на одного працюючого. Проаналізовано особливості відповідного циклічного розвитку подібної системи. Результати моделювання показують, що між розвитком технологічного укладу та інтелектуальним капіталом існує позитивний зв'язок, зростання одного призводить до іншого, але залежність не проста і розроблені моделі засвідчують, що при переході відбувається технологічний розрив і змістовно цей розрив пов'язаний з волюнтаристськими рішеннями та падінням продуктивності.

Список використаних джерел

1. Фитц-енц Я. Рентабельность инвестиций в персонал: измерение экономической ценности персонала / Я. Фитц-енц ; пер. с англ. ; под. общ. ред. В. И. Ярных. – М. : Вершина, 2009. – 320 с.
2. Денисон Э. Исследование различий в темпах экономического роста / Э. Денисон. – М. : Наука, 1991. – 642 с.
3. Супрун В. А. Интеллектуальный капитал: главный фактор конкурентоспособности экономики в XXI веке / В. А. Супрун. – М. : Прогресс, 2000. – 192 с.
4. Бирський В. В. Моделювання людського потенціалу держави: Дис... канд. екон. наук / В. В. Бирський. – Запоріжжя, 2006. – 199 с.
5. Постон Т. Теория катастроф и её приложение / Т. Постон, Н. Стюарт. – М. : Мир, 1980. – 608 с.
6. Арнольд В. И. Теория катастроф / В. И. Арнольд. – М. : Наука, 1990. – 128 с.
7. Чернишенко С. В. **Нелинейные методы анализа динамики лесных биогеоценозов** / С. В. Чернишенко. – Днепропетровск : ДНУ, 2005. – 512 с.

Ляшенко Е.И., Хомич С.В. Моделирование воздействия интеллектуального капитала на формирование и функционирование технологического уклада.

На основе теории бифуркаций (катастроф) предложена динамическая модель воздействия интеллектуального капитала на процесс формирования технологического производственного уклада. Проанализированы эффекты, возникающие при замене технологических укладов.

Ключевые слова: интеллектуальный капитал, технологический уклад, модель, моделирование, теория бифуркаций.

Lyashenko O. I., Khomych S. V. Modelling of Intellectual Capital Influence on Formation and Functioning of Technological Mode.

Dynamic model of intellectual capital influence on the process of technological production mode forming is proposed based on the theory of bifurcation (catastrophes). The effects caused by substitution of technological modes are analyzed.

Keywords: intellectual capital, technological mode, model, modelling, theory of bifurcation.

Надійшло 08.06.2011 р.