

ТРЕНДОВА МОДЕЛЬ В СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ

В статті опрацьовано математичні моделі оцінки використання промислового потенціалу регіону. Визначено показники для здійснення оптимістичного та песимістичного прогнозу, встановлено причини спаду економіки. Подано обґрунтування інноваційних заходів для подолання негативних тенденцій, що зумовлюють кризу промислового сектора економіки.

Ключові слова: виробнича функція, трендова модель, функціональна залежність, регіон, інновації, промисловий потенціал, оптимістичний та песимістичний прогноз.

I. Вступ. При дослідженнях економічних процесів найчастіше використовують функціональні та статистичні математичні моделі. Функціональна модель враховує причинно-наслідковий зв'язок між величинами.

Очевидно, що між випуском продукції підприємства, галузі чи усієї економіки країни та затратами, зробленими у процесі виробництва, існує функціональний зв'язок. Проте аналітичний вираз цієї залежності є невідомий, оскільки вона визначається як об'єктивними факторами (технологія, інфраструктура та ін.) так і суб'єктивними (менеджмент, кваліфікованість працівників, ментальність тощо).

Виробнича функція займає важливе місце в економічній теорії як модель, що безпосередньо належить не до процесу обміну, а до процесу виробництва. Основні моделі залежності результату виробництва від його факторів будуються на основі виробничої функції.

Як правило, виробничу функцію, широко застосовану в економічних дослідженнях, визначають як виражену в математичній формі залежність між максимальним обсягом виробництва і комбінацією факторів виробництва при наявному рівні знань і технології. [3,179]

Класичної форми набула виробнича функція Кобба-Дугласа, і більшість економістів відштовхувалась від неї. Найвідомішими вважаються праці з виробничої функції Р. Солоу, К. Ерроу і Дж. Кендрика. Значний внесок у

розвиток цієї проблеми зробили Д.Черніков і М.Гібало.

Відтворення виробничої функції у кожному конкретному випадку є досить складною задачею. Проте, маючи таку функцію, можемо дослідити потенціал кожного ресурсу, його вплив на випуск продукції, а також зробити дослідження на предмет оптимізації процесу виробництва.

За виробничою функцією можна здійснювати прогноз рівня виробництва при затраті його факторів у тих чи тих розмірах. Тому виробнича функція є інформативним джерелом при дослідженні виробничих галузей та економіки загалом. [1,128; 2,304]

Одним із видів встановлення статистичної залежності є побудова на базі динамічного ряду трендових моделей. У трендових моделях задається зміна показника з часом. Такі моделі дозволяють робити коротко- та довготермінові прогнози.

Найбільш продуктивним методом дослідження економіки є поєднання функціональних та статистичних (зокрема, трендових) моделей. З іншого боку, якщо деяка функціональна залежність нам невідома, то статистичними методами можна визначити її наближення.

II. Постановка завдання. Отже, для дослідження промислового потенціалу Івано-Франківської області, перед нами постають такі завдання.

I. За допомогою статистичних методів (методу найменших квадратів) встановити наближення виробничої функції, тобто функціональної залежності загального річного промислового випуску від виробничих факторів. На макрорівні розглядають агреговані показники. Тому такими факторами (ресурсами), як правило, є матеріалізована праця (фонди) і теперішня праця (кількість зайнятих).

II. На базі створеної математичної моделі визначити ефективність кожного з факторів, їх потенціал (вплив на виробництво), можливість заміни одного фактора іншим.

III. За допомогою регресивного аналізу встановити динаміку (тренд) розвитку трудо-

вого потенціалу та основних фондів промисловості Івано-Франківської області.

IV. На базі трендів дати прогнозовані значення числа зайнятих у промисловості та її основних фондів на 2004, 2005 роки. Використовуючи виробничу функцію, прогнозувати рівень промислової продукції у 2004-2010 роках.

V. Зробити загальні висновки із дослідження математичних моделей.

Для побудови моделей будемо використовувати такі статистичні дані.

рівняльних цін у цінах 2000 року.

При побудові виробничої функції будемо використовувати дані, зібрані у таблиці 3.

Найчастіше розглядають мультиплікативну виробничу функцію від фондів і людських ресурсів, яка задається формулою

$$X = A K^\alpha L^\beta,$$

де X – обсяг виробництва, K – обсяг фондів, задіяних у виробництві, L – кількість працівників. Параметри A , α і β є сталими додатними числами. Якщо $\alpha + \beta = 1$, це виробнича функція Кобба-Дугласа. [4,139-165]

Таблиця 1.

Динаміка основних показників розвитку промисловості Івано-Франківської області

рік	Обсяг продукції пр-ті (у факт. цінах, млн. грн.)	Індекс обсягу продукції пр-ті до значення 1990 року	Основні фонди пр-ті (у факт. цінах, млн.грн.)	Пром.-виробничі основні фонди пр-ті (у факт. цінах, млн.грн)	Число зайнятих у пр-ті	Індекс чисельності зайнятих у пр-ті до значення 1990 року
1996	1535,5	47,9	7084,3	6826,2		76,6
1997	1476,2	49,3	6725,5	6389		65,5
1998	1536,8	48	6728,1	6493,7		62,3
1999	1753,4	44,7	6640,5	6371,9	97300	58,6
2000	2278,7	46,3	6135,1	5422,8	88900	53,5

[За даними Обласного управління статистики]

Для побудови виробничої функції усі вартісні показники потрібно мати у порівняльних цінах, а також мати повну інформацію про чисельність зайнятих. Останнє відновлюється за відповідним індексом (див. табл.2).

Тепер можна використати ці індекси для переходу від фактичних цін усіх основних фондів промисловості та промислово-виробничих основних фондів промисловості до по-

Шукатимемо виробничу функцію промисловості Івано-Франківської області у вигляді неокласичної функції[1,41]. Тобто параметри A , α і β невідомі. Потрібно за табличними даними знайти такі їх наближені значення, щоб знайдена виробнича функція найточніше відображала реальну залежність. Для визначення невідомих параметрів застосуємо метод найменших квадратів. Він полягає у знаходженні параметрів так, щоб сума квад-

Таблиця 2

Відновлення числа зайнятих у промисловості у 1996-2000 рр. індексним методом

рік	Число зайнятих у пр-ті
1	2
1996	88900 / 53,5 * 76,6 = 127285
1997	88900 / 53,5 * 65,5 = 108840
1	2
1998	88900 / 53,5 * 62,3 = 103523
1999	97300
2000	88900

Вихідні дані для знаходження виробничої функції

рік	Обсяг продукції промисловості (у порівн.цінах 2000 р., млн. грн.)	Число зайнятих у пр-ті	Основні фонди промисловості (у порівн.цінах 2000р., млн.грн.)	Промислово-виробничі основні фонди промисловості (у порівн.цінах 2000 р., млн.грн)
1	2	3	4	5
1996	2357,446	127285	10876,49	10480,23
1	2	3	4	5
1997	2426,348	108840	11054,33	10501,24
1998	2362,367	103523	10342,43	9982,108
1999	2199,954	97300	8331,697	7994,69
2000	2278,7	88900	6135,1	5422,8

ратів відхилень, прогнозованих за функцією, і реальних значень була найменшою.

Вивчатимемо залежність обсягу промислового виробництва Івано-Франківської області від обсягу основних фондів промисловості та числа працюючих. Метод найменших квадратів дає такі значення:

$$A = 908,953; \alpha = 0,103; \beta = 0,00007.$$

Отже, для обсягу виробництва промисловості Івано-Франківської області маємо математичну модель у вигляді виробничої функції

$$X = 908,953 K^{0,103} L^{0,00007},$$

де X – випуск промисловості, K – основні фонди, L – кількість працівників. Поверхня, яка задається функцією, має такий вигляд (див. рис. 1).

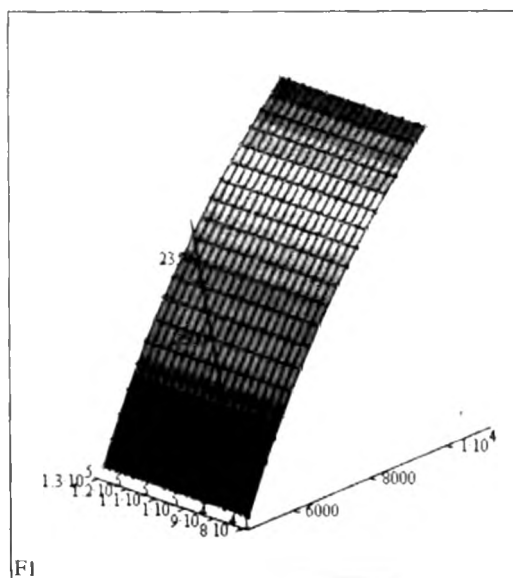


Рис. 1. Графічне зображення виробничої функції

Дослідимо одержану виробничу функцію.

У 2000 році значення обсягу основних фондів промисловості становить 6135,1 млн. грн., число працюючих – 88900 чоловік [стат. дан]. Прогнозоване за функцією значення обсягу промислового виробництва Івано-Франківської області мало б становити $X(6135,1; 88900) = 2230,4$ млн.грн. Реальним значенням обсягу промислового виробництва є 2278,7 млн. грн. Тобто відхилення змодельованого значення від реального становить $\Delta = 48,3$, а відносна похибка складає тільки 2,1 % від реального значення. Отже, математична модель є адекватною.

Знайдемо основні характеристики виробничої функції у точці, яка відповідає 2000 року, і зробимо за ними висновки.

Важливим показником в даному випадку виступає середня ефективність ресурсу, що визначає величину випуску, яка припадає на одиницю ресурсу.

Середня ефективність основних фондів (X/K) промисловості у 2000 році за математичною моделлю 1996–2000 років становила 0,364. Тобто 1 гривня, вкладена в основні фонди, щороку повертала продукції на 0,36 грн. Середня продуктивність праці (X/L) у 2000 році за математичною моделлю становить 0,0251. Тобто один працівник промисловості за рік своєї роботи у середньому заробляв для неї 25100 грн.

Гранична ефективність основних фондів промисловості у 2000 році за математичною моделлю $\partial X/\partial K = 0,037$. Можна прогнозувати, що 1 гривня, яку вкладуть в основні фон-

ди без технологічних змін, щороку повертатиме продукції тільки на 0,04 грн. Гранична продуктивність праці у 2000 році за математичною моделлю $\partial X/\partial L = 1,64 \times 10^6$. Тобто збільшення кількості працівників промисловості на одного працівника при збереженні технологій матиме річний економічний ефект у розмірі 1,64 грн.

Еластичність випуску промисловості відносно фондів у 2000 році за моделлю 1996-2000 років становить 0,103. Це визначає такий прогноз: збільшення основних фондів промисловості на 1% від значення 2000 року призведе до збільшення випуску тільки на 0,103 % від відповідного значення 2000 року.

Еластичність випуску промисловості відносно кількості працюючих за моделлю 1996-2000 років становить $6,53 \times 10^5$. Тобто збільшення у 2001 році кількості працівників промисловості на 1% від їхньої кількості у 2000 році мало б призвести до збільшення випуску лише на 0,00006 %.

Сума еластичностей за ресурсами утворює показник еластичності виробництва. Оскільки він дорівнює 0,1029, то можна стверджувати, що виробництво промисловості Івано-Франківської області не є еластичним до своїх ресурсів, бо збільшення їх значення на 1% призводить до збільшення випуску тільки на 0,1096 % від поточного значення. Крім того, оскільки еластичність виробництва менше 1, то дана модель описує спадну економіку.

Порівнюючи еластичності випуску промисловості за фондами і людським ресурсом між собою, бачимо, що перший показник значно більший за другий. Це означає, що має місце трудозберігаюче господарювання.

Останнім, знайденим нами показником, є гранична норма заміни одного ресурсу іншим. Гранична норма заміни працівників фондами дорівнює $4,383 \times 10^5$, тобто для зменшення штату на одну людину і збереження стало-го рівня виробництва потрібно збільшити основні фонди на 43,83 грн.

Зауважимо, що подібним чином можна побудувати виробничу функцію, у якій виразити залежність промислового виробництва Івано-Франківської області від промислово-виробничих основних фондів і кількості працівників. Аналіз цієї функції приводить до тих самих висновків, які були зроблені за моделлю виробничої функції.

Побудова трендів чисельності зайнятих та основних фондів у промисловості.

Для визначення тренду чисельності зайнятих у промисловості Івано-Франківської області скористаємося даними обласного статистичного управління.

Від індексних показників перейдемо до фактичних (див. табл. 4).

III. Результати. За допомогою пакету STATISTICA можна побудувати точки, що відповідають значенням числа зайнятих у 1990-2001 роках (див. рис. 2), і помітити, що їх добре відображає лінійний тренд (пряма лінія регресії)

$$L_t = 19790000 - 9851,01 t,$$

де L_t – трендові значення зайнятих у промисловості, t – час.

Якщо у 1990-1993 роках похибка між трендовим і фактичним показниками становить до 14,5%, то у 1998-2001 роках вона не перевищує 5% (див. табл. 5).

Таблиця 4

Відновлення числа зайнятих у промисловості у 1991-2001 рр. індексним методом

рік	Число зайнятих у промисловості
1990	166100
1991	$166100 / 100 * 101,6 = 168757,6$
1992	$166100 / 100 * 117,5 = 195167,5$
1993	$166100 / 100 * 102,9 = 170916,9$
1994	$166100 / 100 * 93,1 = 154639,1$
1995	140000
1996	$166100 / 100 * 76,6 = 127232,6$
1997	$166100 / 100 * 65,5 = 108795,5$
1998	$166100 / 100 * 62,3 = 103480,3$
1999	97300
2000	88900
2001	81900

Похибки між трендовим і фактичним показниками зайнятості у промисловості

рік	Число зайнятих	Трендове значення	Абсолютна похибка	Відносна похибка (у %)
1	2	3	4	5
1990	166100	186490,1	20390,1	12,2758
1991	168757,6	176639,1	7881,49	4,670302
1992	195167,5	166788,1	-28379,4	-14,5411
1	2	3	4	5
1993	170916,9	156937,1	-13979,8	-8,17931
1994	154639,1	147086,1	-7553,04	-4,8843
1995	140000	137235,1	-2764,95	-1,97496
1996	127232,6	127384	151,44	0,119026
1997	108795,5	117533	8737,53	8,03115
1998	103480,3	107682	4201,72	4,060406
1999	97300	97831,01	531,01	0,545745
2000	88900	87980	-920	-1,03487
2001	81900	78128,99	-3771,01	-4,60441

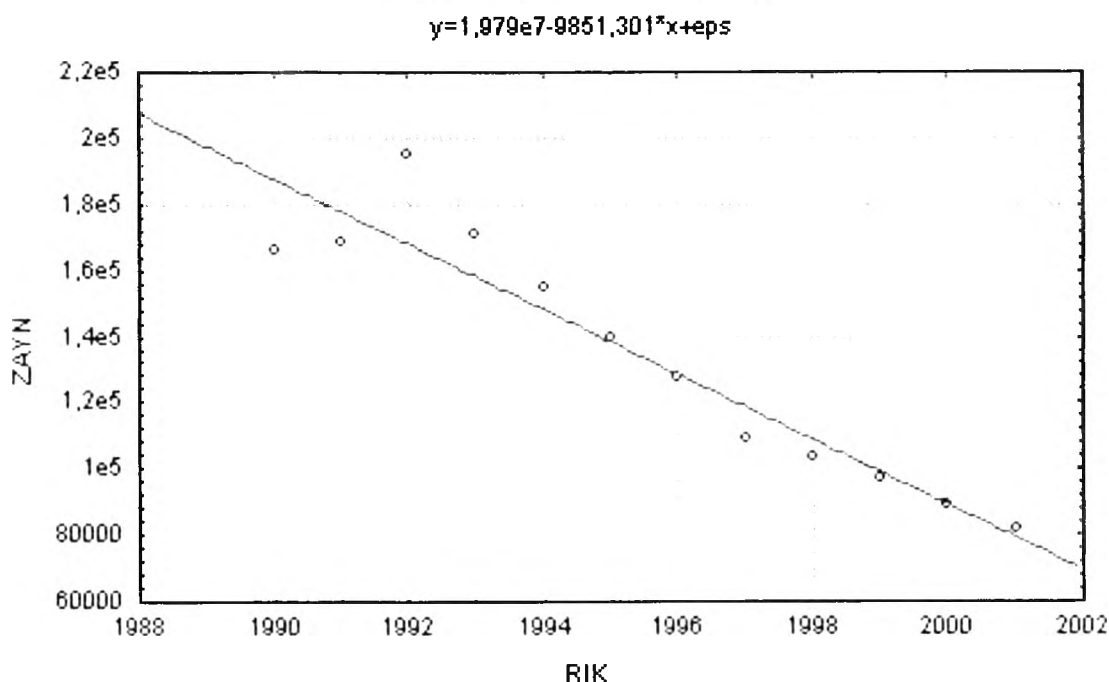


Рис. 2. Графічне зображення значень числа зайнятих у 1990-2001 рр. і лінійного тренду

Можна стверджувати, що тренд (2) задає песимістичний прогноз чисельності працівників промисловості. Для одержання оптимістичного прогнозу при побудові тренду врахуємо тільки значення 1997-2001 років. Тоді одержимо такий лінійний тренд (див. рис. 3)

$$L_t = 13760000 - 6837,13 t.$$

де L_t – трендові значення зайнятих у промисловості, t – час.

Для визначення тренду вартості основних фондів промисловості Івано-Франківської області скористаємося динамічним рядом вартості основних фондів 1996-2000 років у цінах 2000 року з таблиці 3.6. Лінійний тренд (див. рис 4) має вигляд

$$K_t = 2448000 - 1220,541 t,$$

де K_t – трендові значення вартості основних фондів промисловості Івано-Франківської області у цінах 2000 року, t – час.

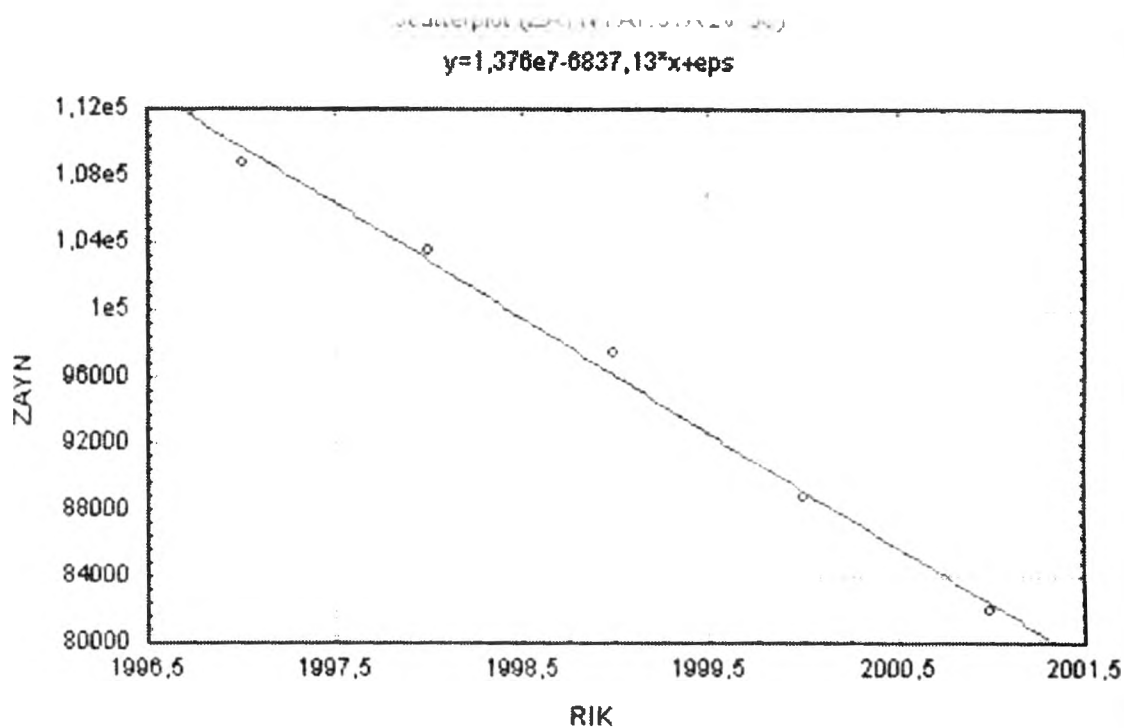


Рис. 3. Графічне зображення значень числа зайнятих у 1997-2001 рр. і лінійного тренду

Прогнозування за математичними моделями. Побудовані тренди дозволяють скласти прогноз значень зайнятих у промисловості

Івано-Франківської області та вартості її основних фондів на 2004, 2005 роки (див табл. 6).

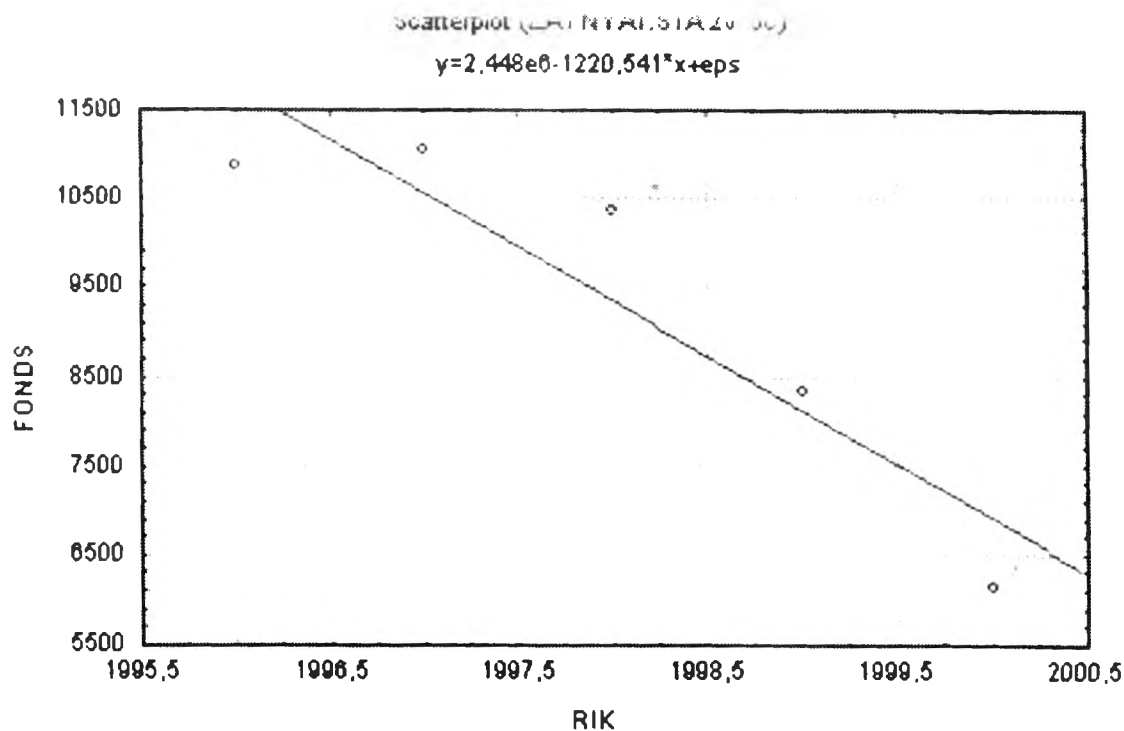


Рис. 4. Графічне зображення значень вартості основних фондів у 1996-2000 рр. і лінійного тренду

Прогноз чисельності зайнятих у промисловості за трендами (3.3)–(3.5)

рік	Основні фонди промисловості у порівн. цінах 2000 року (млн. грн., прогноз за (3.5))	Число зайнятих у промисловості (прогноз за трендом (3.3))	Число зайнятих у промисловості (прогноз за трендом (3.4))
2004	2035,836	48576	58391
2005	815,295	38725	51554

За математичною моделлю можна визначити прогноз для обсягу продукції промисловості. Оптимістичний прогноз на 2004 рік становить

$$X(2035,836; 58391,48) = 1991,2 \text{ млн. грн.,}$$

на 2005 рік –

$$X(815,295; 51554,35) = 1812,34 \text{ млн. грн.}$$

Песимістичний прогноз на 2004 рік дорівнює

$$X(2035,836; 48575,96) = 1991,17 \text{ млн. грн.,}$$

на 2005 рік –

$$X(815,295; 38724,95) = 1812,31 \text{ млн. грн.}$$

IV. Висновки. З побудови економіко-математичної моделі розвитку промислового потенціалу конкретно взятого регіону можна зробити такі висновки. У середньому за 1996-2000 роки кожна гривня, вкладена в основні фонди промисловості, щороку повертала продукції на 0,36 грн., один працівник промисловості за рік своєї роботи заробляв для неї 25100 грн. Збільшення основних фондів промисловості на одну гривню призводить до збільшення річного випуску тільки на 0,04 грн., а таке ж збільшення фондів на 1% призведе до збільшення виробництва лише на 0,103 % від поточного значення. Аналогічно збільшення кількості зайнятих у промисловості на одного працівника матиме річний економічний ефект у розмірі 1,64 грн., а збільшення кількості працівників промисловості на 1% мало б призвести до збільшення випуску лише на 0,00006 %. Виробництво промисловості Івано-Франківської області не є еластичним до своїх ресурсів, збільшення їх значення на 1% призводить до збільшення випуску тільки на 0,1096 % від поточного значення. Тобто ми маємо справу зі спадною економікою, яка вичерпує свої технологічні можливості.

Аналіз виробничої функції також вказує, що має місце трудозберігаюче господарювання, а для зменшення штату на одну людину і збереження сталого рівня виробництва потрібно збільшити основні фонди на 43,83 грн.

Усі попередні висновки робляться за умови незмінних технологій та структури промисловості. Якщо при цьому збережуться тенденції попередніх років, то у 2004 році промисловість Івано-Франківської області випустить продукції на суму приблизно 1991,2 млн. грн.¹ при основних фондах вартістю 2035,8 млн. грн. і від 48 тисяч до 59 тисяч зайнятих. У 2005 році рівень виробництва впаде до 1812,3 млн. грн. Основні фонди промисловості коштуватимуть 815,3 млн. грн., у ній працюватиме 38 – 51 тисяч робітників.

Бачимо, що спадання промислового потенціалу Івано-Франківської області не можна зупинити екстенсивним методом. Просте збільшення ресурсної бази не призводить до відчутного економічного ефекту. Це знову підтверджує основний висновок, що позитивні зрушення у промисловості області можливі тільки при впровадженні інновацій, при технологічних і структурних змінах, а отже, що назріла нагальна потреба у побудові стратегії випереджувального інноваційного розвитку промислового потенціалу регіону.

1. Баркалов Н. Б. Производительные функции в моделях экономического роста. -М.: Изд – воМГУ, 1998 .

2. Иванюков Ю. П., Лотов А. В. Математические модели в экономике. – М.: «Наука». – 1979.

3. Нуреев Р. М. Основы экономической теории. Микроэкономика. М. «Высшая школа», 1996.

4. Cobb C. W. Dauglas P.H. Theory of Production, "American Economic Review" (Supplement), 1928 March. P. 139-165.

5. Черников Д. А. Макроэкономическая теория. «Российский экономический журнал». 1993.

Mathematical models of estimation of use in industrial potential of region are worked in article. Definitely indexes for realization of optimistic and pessimistic prognosis, economy slump causes are set. A ground of innovative measures for overcoming negative tendencies, that predetermine a crisis of industrial sector of economy, is given in article.

¹ Вартісні показники даного абзацу подані у цінах 2000 року.