

УДК 331.101.3

Ганна ВЕРЕЩАГІНА, Іван ФЕФЕЛОВ

## ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ РИНКУ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ (ІННОВАЦІЙНОЇ) ПРОДУКЦІЇ ОКРЕМОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Резюме.** Обґрунтовано можливість прогнозування ринку науково-технічної продукції ДП «Гіпрококс», за рахунок використання кореляційно-регресійних моделей залежності загального обсягу виконаних Гіпрококсом робіт за рахунок коштів замовників з України від обсягів випуску коксу 6 % вологості в Україні. Для оцінювання очікуваних обсягів виконаних Гіпрококсом робіт за рахунок коштів замовників з України в майбутніх періодах побудовано модель залежності обсягу виконаних Гіпрококсом робіт за рахунок коштів замовників з України на основі використання даних за 2000 – 2008 роки. Для прогнозування обсягів виробництва коксу в Україні побудовані: авторегресійна модель випуску коксу 6 % вологості (на даних часового ряду з 1922 по 2010 рік) та трендова прогнозована модель (на даних часового ряду з 1990 по 2010 рік). Проведено оцінювання статистичної значущості параметрів та якості прогнозованих моделей.

**Ключові слова:** інновації, ринок інновацій, кореляційно-регресійний аналіз, прогнозування, модель.

Hanna VERESCHAHINA, Ivan FEFELOV

## FORECASTING THE DEVELOPMENT OF THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL (INNOVATIVE) PRODUCTS MARKET OF INDIVIDUAL ENTERPRISE

**Summary.** The ability to forecast the market for R&D products of Hiprokoks state-owned company due to the use of a correlation and regression models of how the overall volume of works performed by Hiprokoks at the expense of the Ukrainian customers funds affects production of the coke with 6% humidity in Ukraine is analyzed in the paper. To evaluate the expected volumes of works to be performed by Hiprokoks at the expense of the Ukrainian customers funds in future periods the model of dependency of the volume of works performed by Hiprokoks at the expense of the Ukrainian customers funds on the volume of coke produced in Ukraine in 2000 – 2008 has been built. To forecast the production of coke in Ukraine (using historic data of 1922 – 2010) the trend and autoregressive models of the coke with 6% humidity production has been built. The autoregressive model was chosen based on a series of forecast accuracy figures. The trend forecast model of coke with 6% humidity is based on the historic data of 1990 – 2010. The evaluation of statistical value of parameters and established connections has been conducted for all the proposed correlation and regression forecasting models; the applicability of the forecasting models has been evaluated by calculating the forecasting models quality indicators, Fisher's criterion in particular. The tight relationship between the volume of works performed by Hiprokoks at the expense of the Ukrainian customers funds and the volume of coke with 6% humidity production in Ukraine has been proved. The rate of change of the volume of works performed by Hiprokoks at the expense of the Ukrainian customers funds may be forecasted based on the existing data and obtained forecasting models.

**Key words:** innovations, market of innovations, correlation and regression analysis, forecasting, model.

**Постановка проблеми.** Розвиток ринку інновацій потребує детального дослідження у напрямку вдосконалення існуючих та розроблення нових методичних підходів щодо оцінювання цього розвитку. Цю проблему досліджено у [1 – 4], що дозволило запропонувати підхід до сегментування та оцінювання інноваційного ринку як в цілому, так і окремих його складових. Проте апробація розробленого підходу до сегментування здійснювалася на основі використання даних Державного комітету статистики на рівні держави та регіону (Харківська область). Водночас доцільною виявляється перевірка запропонованого методичного підходу, базуючись на звітних даних окремого підприємства, для здійснення аналізу та прогнозування розвитку його інноваційної діяльності. В якості бази для проведення такого дослідження можуть бути використані звітні дані самого підприємства та показники ринку коксохімічної промисловості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемою оцінювання розвитку ринку інновацій займається низка вітчизняних та зарубіжних вчених, серед яких І.М. Буднікевич, М.І. Дідківський, О.С. Гайфутдинова, В.В. Митенев, С.А. Селякова, О.А. Латуха, В.Н. Гунін, В.П. Баранчєєв, В.А. Устинов, А.М. Илишев та інші. Проте більшість з них займалася проблемами

статистичного оцінювання розвитку інноваційного ринку, динамічна ж складова оцінювання потребує подальших досліджень з урахуванням можливостей використання результатів цих досліджень з метою попереднього оцінювання розвитку.

**Мета статті** полягає у перевірці можливості прогнозування ринку науково-технічної продукції ДП «Гипрококс» за рахунок використання кореляційно-регресійних моделей залежності показників розвитку цього ринку від кінцевих показників розвитку ринку коксохімічної промисловості.

**Виклад основного матеріалу.** В результаті досліджень було виявлено, що ДП «Гипрококс» – установа, спеціалізована на наданні інжинірингових послуг у сфері проектування підприємств коксохімічної промисловості в Україні та інших країнах. Значна частина коксового (80 – 90 %) і хімічного (50 %) устаткування підприємств коксохімічної промисловості України виготовлена за технічними завданнями і проектами ДП «Гипрококс». В динаміці обсягу виконаних робіт за рахунок коштів замовників з України та динаміці сумарного обсягу випуску коксу 6 % вологості, в Україні спостерігаються схожі тенденції. Враховуючи все це, можна говорити про наявність зв'язку між ринком науково-технічної продукції ДП «Гипрококс» та ринком коксохімічної промисловості України.

Тому ці дані були використані для проведення кореляційного аналізу, у рамках якого досліджувався вплив обсягу випуску коксу в Україні на основі даних за 2000 – 2008 роки (змінна X1), на показник загального обсягу виконаних Гипрококсом робіт за рахунок коштів замовників з України (Y1). Дані щодо обсягів змінної Y1 наведені у вигляді базисних темпів зростання (базовим прийнято 2000 рік). Вихідні дані для аналізу наведено в табл. 1.

**Таблиця 1**

Вихідні дані, що використовувалися для встановлення впливу обсягів випуску коксу в Україні на загальний обсяг виконаних Гипрококсом робіт за рахунок коштів замовників з України

**Table 1**

Input data used to determine the impact of coke with 6% humidity production volumes in Ukraine on the total volume of the works performed by Hiprokokks at the expense of the Ukrainian customers funds

Назва показника	Позначення показника	Рік									
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Темпи зростання загального обсягу виконаних Гипрококсом робіт за рахунок коштів замовників з України (база – 2000 рік)	Y1	1,00	0,61	1,41	4,19	6,53	3,33	3,79	1,66	1,00	
Виробництво коксу в Україні, тис. тонн	X1	19362,8	19347,6	18596,7	20843,4	21998,4	18865,6	19224,2	20571,7	19565,1	

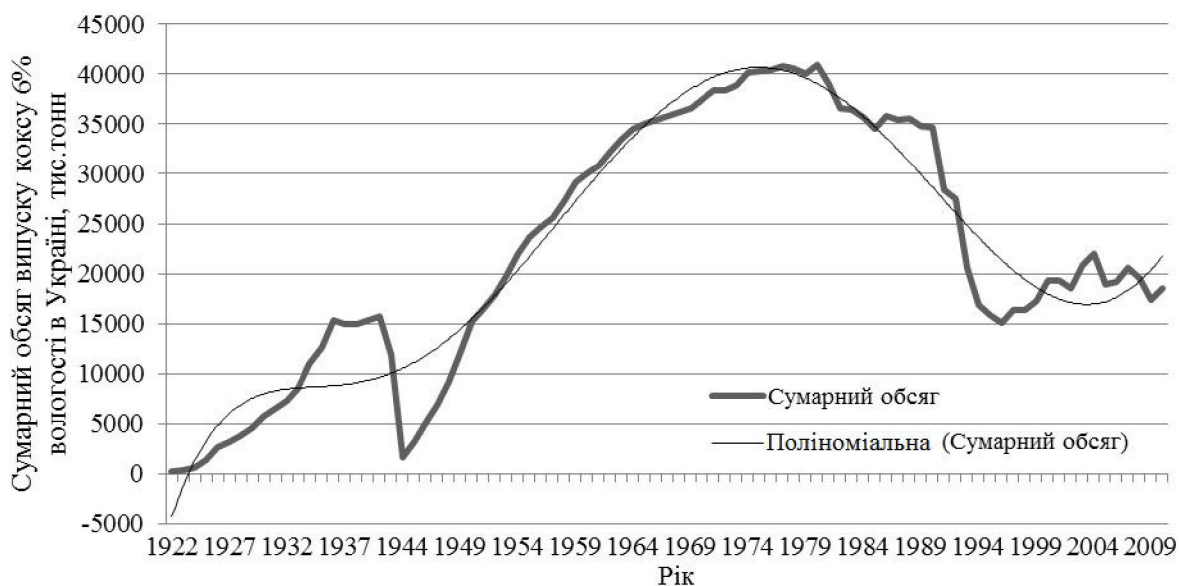
Для проведення розрахунків був використаний пакет прикладних програм статистичного опрацювання даних SPSS 8.0 for Windows. Був установлений часовий лаг в 1 рік (запізнення в 1 рік у впливі обсягу випуску коксу по Україні, X1, на загальний обсяг виконаних робіт за рахунок коштів замовників з України, Y1). Таке запізнення може пояснюватися тим, що проекти модернізації вимагають значного фінансування, а рішення про їхню реалізацію підприємствами коксохімічної промисловості приймається за результатами звітного року.

У результаті розрахунків була отримана модель виду

$$Y1=8E-07 \cdot X1^2_{t-1}-0,0299 \cdot X1_{t-1}+293,17. \quad (1)$$

Показник коефіцієнта детермінації (0,6318) отриманої моделі свідчить про досить тісний зв'язок обсягів робіт Гипрококсу, виконаних за рахунок коштів замовників з України за період з 2000 по 2009 роки з обсягами випуску коксу в Україні. У рамках проведеного дослідження було зроблено припущення про можливість попереднього оцінювання загальних обсягів виконаних Гипрокоksom робіт за рахунок коштів замовників з України на основі прогнозованих значень обсягу випуску коксу по Україні. Для цього був проведений аналіз виробництва коксу в Україні за максимально тривалий період.

Використання статистичних даних обсягів випуску коксу 6 % вологості в Україні з 1922 по 2010 рік дало можливість побудови, а також відбору оптимальних прогнозованих моделей. Відбір проводився ґрунтуючись на розрахунку низки показників точності прогнозу, основним з яких, на першому етапі, можна вважати коефіцієнт детермінації. Максимальне значення коефіцієнта детермінації ( $R^2=0,9327$ ) показала поліноміальна модель 6 ступеня, що представлена на рис. 1.



**Рисунок 1.** Фактичні дані та прогнозована модель сумарних обсягів випуску коксу 6 % вологості в Україні з 1922 по 2010 рік

**Figure 1.** The actual data and forecasting model of the coke with 6% humidity total production volumes in Ukraine in 1922 – 2010

Отримана модель описується рівнянням

$$X_1 = -0,000008t^6 + 0,003t^5 - 0,3162t^4 + 16,66t^3 - 388,86t^2 + 4142,8t - 8030. \quad (2)$$

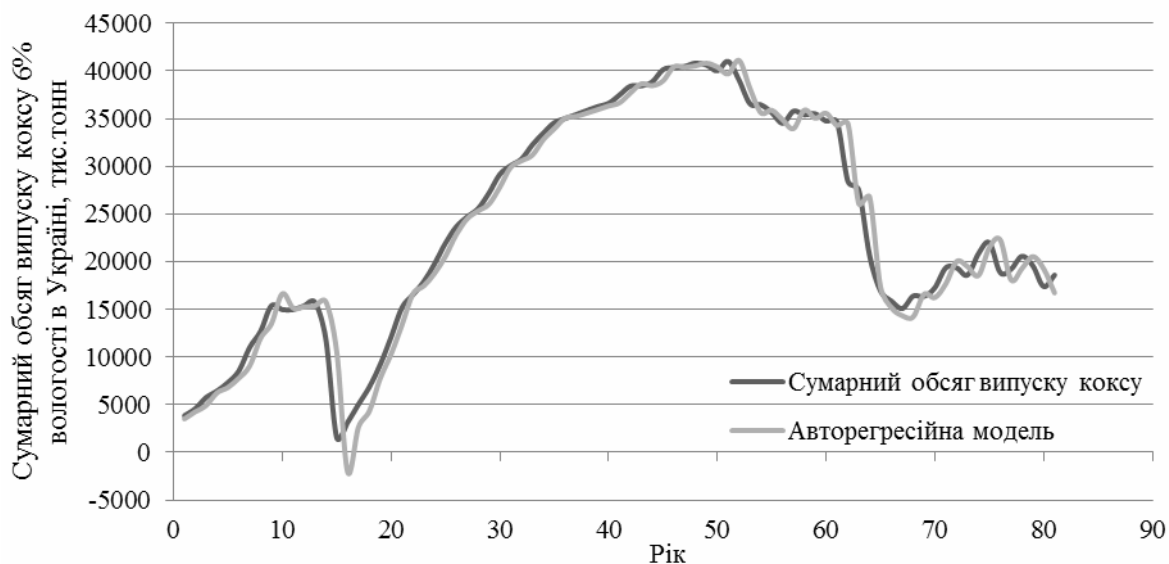
Однак, беручи до уваги подальше використання даних прогнозу, отриманого з рівняння моделі, були розраховані додаткові параметри, що характеризують точність прогнозу. Зокрема, була розрахована середня процентна помилка прогнозу (MPE), що визначає зміщеність прогнозу [6, с. 20]. Якщо значення MPE менше 5 %, то прогноз дає незміщену оцінку. Для даної моделі показник (MPE) склав 11,33 %, що свідчить про зміщеність оцінювання прогнозу.

Далі розраховувався показник середньої абсолютної процентної помилки (MAPE) [6, с. 21]. Якщо показник MAPE менше 5 %, це означає, що модель дає високу точність прогнозу. Для описуваної моделі показник MAPE склав 57,56 %.

Тобто низька точність отриманої моделі, з точки зору практичного застосування у подальшому, викликала необхідність переходу до іншої моделі. Такою моделлю була обрана авторегресійна модель четвертого порядку, що описується рівнянням виду

$$X_1 = 1,33x_{1,t-1} - 0,29x_{1,t-2} + 0,089x_{1,t-3} - 0,136x_{1,t-4}. \quad (3)$$

Модель характеризується показником коефіцієнта детермінації  $R^2 = 0,9947$ , що свідчить про досить тісний зв'язок між показниками, а також дозволяє розраховувати на досить точний прогноз. Сама модель представлена на рис. 2.



**Рисунок 2.** Фактичні дані та авторегресійна прогнозована модель сумарних обсягів випуску коксу 6 % вологості в Україні з 1922 по 2010 рік

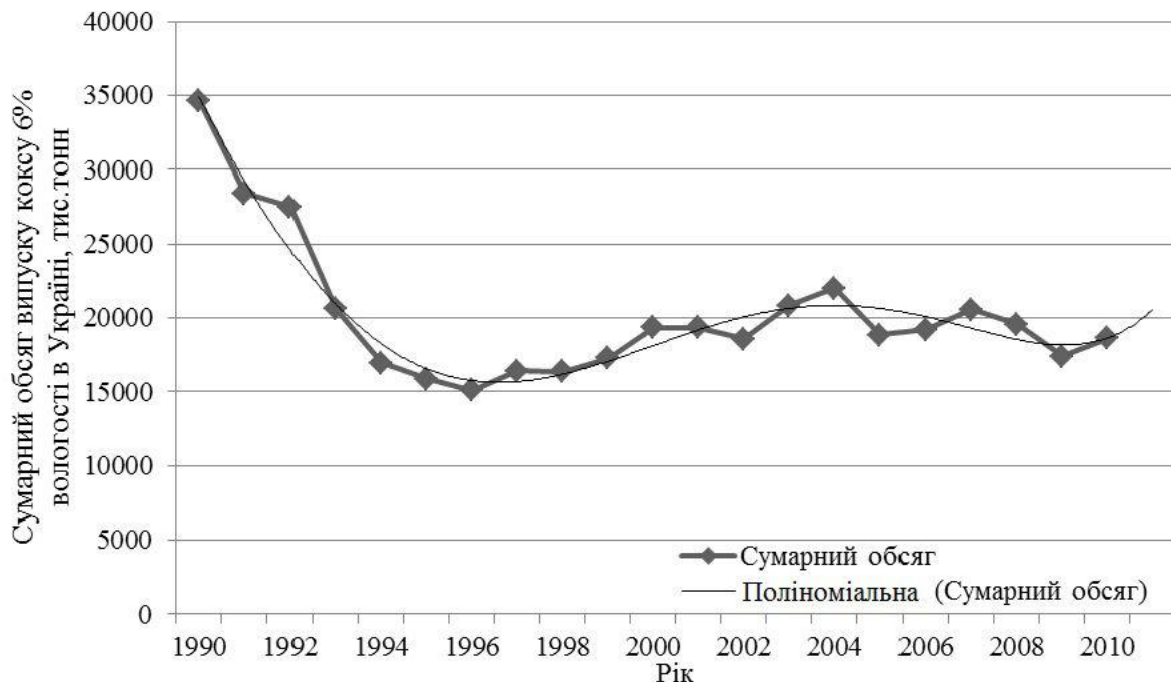
**Figure 2.** The actual data and autoregressive forecasting model of the coke with 6 % humidity total production volumes in Ukraine in 1922 – 2010

Показник MARE склав 15,59 %, що свідчить про задовільну точність прогнозу по моделі. Показник MPE склав – 2,09 %, і не перевищує нормативного значення. Була також розрахована стандартна помилка прогнозу або середньоквадратичне відхилення [6, с. 27]. Точність прогнозу оцінювалася також за допомогою дисперсійного аналізу. Спочатку були знайдені значення варіації тенденції й залишкової варіації. Далі були знайдені показники дисперсії на один ступінь свободи та значення критерію Фішера [7, с. 150]. Розрахункове значення критерію Фішера для розглянутої моделі склало 735,171. Табличний критерій Фішера для рівня значущості  $\alpha = 0,05$ , заданого числа ступенів свободи 4 і  $K_{\text{ост}} = 78$  склав 2,53. Отже, виконується нерівність  $F_p > F_{\text{табл}}$ . Тобто фактор часу впливає на обсяг і модель можна використовувати. Також була проведена перевірка автокореляції, для цього був розрахований критерій Джона фон Неймана [6, с. 32]. Тобто показники адекватності прогнозованої моделі свідчать про можливість її використання у подальшому.

Були розраховані довірчі інтервали для прогнозу на наступні періоди [5, с. 220] та з 95 % ймовірністю було визначено прогнозоване значення обсягів виробництва коксу на 2011 рік =  $18695,1 \pm 4022,24$  тис. тонн коксу, тобто в інтервалі [14672,89 тис. тонн коксу; 22717,37 тис. тонн коксу].

Наступна модель була побудована, ґрунтуючись на коротшому часовому проміжку з 1990 по 2010 рік. Відбір проводився також за ознакою найбільшого значення коефіцієнта детермінації. Відповідно до критерію максимальне значення коефіцієнта детермінації ( $R^2 = 0,9446$ ) було отримано при побудові поліноміальної моделі 5-го ступеня. Вона має вигляд, представлений на рис. 3. Для цієї моделі також була розрахована низка показників, що оцінюють точність прогнозу. Модель описується рівнянням виду

$$X_1 = 0,11t^5 - 5,11t^4 + 62,83t^3 + 181,16t^2 - 6487,12t + 41169. \quad (4)$$



**Рисунок 3.** Фактичні значення та прогнозована модель сумарних обсягів випуску коксу 6 % вологості в Україні з 1990 по 2010 рік

**Figure 3.** The actual data and forecasting model of the coke with 6 % humidity total production volumes in Ukraine in 1990 – 2010

Було також визначено відсутність автокореляції в моделі.

Аналіз показників точності прогнозу (MAPE), (MPE) показав, що модель має незміщену оцінку і може дати високу точність прогнозу. Розрахункове значення критерію Фішера для розглянутої моделі склало 51,15. Табличний критерій Фішера для рівня значущості  $\alpha=0,05$ , заданого числа ступенів свободи 5 і  $K_{ост}=15$  склав 2,901. Отже, виконується нерівність  $F_p > F_{табл}$ . Тобто фактор часу впливає на обсяг і модель можна використовувати, з огляду на показники її адекватності.

Довірчі інтервали для прогнозу на наступні періоди були розраховані з 95 % ймовірністю, було визначено прогнозоване значення обсягів виробництва коксу на 2011 рік –  $20567,8 \pm 2814,26$  тис. тонн коксу, тобто в інтервалі [17753,54 тис. тонн коксу; 23382,1 тис. тонн коксу].

На основі статистичних і прогнозованих значень обсягів випуску коксу 6 % вологості в Україні були визначені очікувані величини темпів зміни загальних обсягів, виконаних Гипрококсом робіт за рахунок коштів замовників з України в 2009 – 2012 рр. на основі використання моделі (1), що дозволило спрогнозувати рівень виконання робіт у цьому напрямку.

Слід також зазначити, що для побудови моделі залежності обсягів робіт, виконаних Гипрококсом за рахунок замовників з України, від обсягу випуску коксу по Україні, були взяті дані за період з 2000 по 2008 рр. для забезпечення репрезентативності й порівняння даних. У рамках проведених досліджень представлялася недоцільним побудова моделей з використанням статистичних і звітних даних Гипрококсу раніше 2000 року. Однією з головних причин є гіперінфляція, що мала місце в першій половині 1990-х років, що призводить до складностей у порівнянні цін, а також обсягів виконаних робіт у вартісному вираженні. Також свій вплив вносить і зміна валюти в Україні, що відбулася в 1996 році. Сам інститут переживав складний період у своїй діяльності, викликаний переорієнтацією економіки країни, її реформатуванням у нових кордонах. Розрив численних виробничих ланцюжків, а також

зміна командно-адміністративної системи ринковою призвели до істотного зниження обсягів виробництва підприємств коксохімічної промисловості а, отже, й до зменшення обсягів робіт Гипрококсу. Ситуація вимагала часу на її вирішення, що виразилося у реформуванні інституту і його переорієнтації не тільки на українські підприємства, але й на іноземних замовників.

**Висновки.** Для оцінювання очікуваних темпів зміни загальних обсягів виконаних Гипрококсом робіт за рахунок коштів замовників з України в майбутніх періодах можливе використання отриманої в ході дослідження кореляційно-регресійної моделі (1) залежності цього показника від сумарного обсягу виробництва коксу в Україні в попередньому періоді

$$Y=8E-07x1_{t-1}^2-0,0299x1_{t-1}+293,17.$$

У свою чергу, прогноз виробництва коксу в Україні може бути здійснений відповідно до отриманого на вихідних даних часового ряду з 1922 по 2010 рік, авторегресійної прогнозованої моделі (3). Перший період моделі відповідає 1928 року

$$X1=1,33x1_{t-1}-0,29x1_{t-2}+0,089 x1_{t-3}-0,136x1_{t-4}.$$

Також прогноз виробництва коксу в Україні може бути здійснений відповідно до отриманого, на вихідних даних часового ряду з 1990 по 2010 рік, трендової прогнозованої моделі (4). Перший період моделі відповідає 1990 року

$$X1=0,11t^5-5,11t^4+62,83t^3+181,16t^2-6487,12t+41169.$$

Для всіх запропонованих кореляційно-регресійних і прогнозованих моделей було проведено оцінювання статистичної значущості параметрів, а також установленого зв'язку. Придатність прогнозованих моделей, крім того, оцінювалася на основі розрахунку показників якості прогнозованих моделей.

Отже, можна сказати, що існує тісний зв'язок між обсягом робіт Гипрококсу, виконаних за рахунок коштів замовників з України та обсягом випуску коксу 6 % вологості в Україні. На основі існуючих даних, а також отриманих прогнозованих моделей, можливо прогнозувати зміну темпів обсягу робіт Гипрококсу, виконаних за рахунок коштів замовників з України.

**Conclusions.** In the scope of researching the forecasting market trends of R&D products of an enterprise (using the example of Hiprokoks Institute) the following results have been obtained.

To evaluate the expected rate of change of the volumes of works performed by Hiprokoks at the expense of the Ukrainian customers funds in future periods the correlation and regression model (1) of dependence of this indicator on the total volume of coke produced in Ukraine during the previous period can be used

$$Y=8E-07x1_{t-1}^2-0,0299x1_{t-1}+293,17.$$

In turn, the forecast of coke production in Ukraine can be based on the autoregressive forecast model using the initial historic data of 1922 – 2010 (3), the first period of the model corresponds to the year of 1928

$$X1=1,33x1_{t-1}-0,29x1_{t-2}+0,089 x1_{t-3}-0,136x1_{t-4}.$$

In addition, the forecast of the coke production in Ukraine can be performed based on the trend forecast model using the initial historic data of 1990 - 2010 (4), the first period of the model corresponds to the year of 1990

$$X1=0,11t^5-5,11t^4+62,83t^3+181,16t^2-6487,12t+41169.$$

The evaluation of statistical value of parameters and established connections has been conducted for all the proposed correlation and regression forecasting models; the applicability of the forecasting models has been evaluated by calculating the forecasting models quality indicators.

Thus, we can summarize that there is a tight relationship between the volume of works performed by Hiprokoks at the expense of the Ukrainian customers funds and the volume of coke with 6% humidity production in Ukraine. Based on the existing data and obtained forecasting models we may forecast the rate of change of the volume of works performed by Hiprokoks at the expense of the Ukrainian customers funds.

**Використана література**

1. Фефелов, І.В. Теоретичні підходи до визначення змісту інноваційного ринку [Текст] / І.В. Фефелов // Управління розвитком: збірник наукових праць. – Харків: Видавництво ХНЕУ. – 2010. – № 19 (95). – С. 119–121.
2. Фефелов, І.В. Теоретичні підходи до розподілу ринку інновацій [Текст] / І.В. Фефелов // Управління розвитком: збірник наукових праць. – Харків: Видавництво ХНЕУ. – 2011. – № 13 (110). – С. 106–109.
3. Фефелов, І.В. Методичні підходи щодо оцінки розвитку ринку інновацій [Текст] / І.В. Фефелов // Управління розвитком: збірник наукових праць. – Харків: Видавництво ХНЕУ. – 2011. – № 18 (115). – С. 36–39.
4. Верещагіна, Г.В. Методичні підходи щодо здійснення аналізу розвитку ринку інновацій [Текст] / Г.В. Верещагіна І.В. Фефелов // Управління розвитком: збірник наукових праць. – Харків: Видавництво ХНЕУ. – 2011. – № 22 (119). – С. 27–29.
5. Ферстер, Е. Методи кореляційного і регресійного аналізу [Текст] / Е. Ферстер, Б. Ренц. – К.: Фінанси і статистика. – 2004. – 304 с.
6. Клебанова, Т.С. Эконометрия: учебно-методическое пособие для самостоятельного изучения дисциплины [Текст] / Т.С. Клебанова, Н.П. Дубовина. – Х.: Издательский дом «Инжек». – 2003. – 132 с.
7. Математическая статистика; под ред. А.М. Дина. – М.: Высшая школа, – 1975. – 398 с.