

**К.В. ЛАРИНА**, канд.ек.наук, Харківський національний економічний університет

## **МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ НАПРЯМКІВ ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОЗБРОЄННЯ ПІДПРИЄМСТВА В РИНКОВИХ УМОВАХ**

В статті запропоновано методичний підхід до вибору напрямків технічного переозброєння підприємства, який базується на структурному моделюванні та прогнозуванні з використанням нейронних мереж. Підхід дозволяє прийняти обґрунтовані рішення щодо заходів технічного переозброєння, які будуть відповідати прогнозним обсягам виробництва та ринковому попиту на продукцію

В статье предложен методический подход к выбору направлений технического перевооружения предприятия, который базируется на структурном моделировании и прогнозировании с использованием нейронных сетей. Подход позволяет принять обоснованные решения относительно мероприятий технического перевооружения, которые будут отвечать прогнозным объемам производства и рыночному спросу на продукцию

The methodical approach to choice of technical reequipment's direction based on the structural equation and prognosis with neural networks is offered. The approach allows to accept the grounded decisions of technical reequipment's direction, which will be adapted to prognosis production volumes and market demand

**Ключові слова:** модернізація, технічне переозброєння, організаційно-технічний рівень виробництва, причинно-наслідкові зв'язки, структурне моделювання, прогнозування, нейронні мережі.

**Вступ.** Інноваційний розвиток є органічною складовою макроекономічних, соціальних, політичних та інших процесів модернізації України. Враховуючи основні пріоритети інноваційного розвитку економіки країни, визначені в Стратегії інноваційного розвитку України на 2010-2020 роки в умовах глобалізаційних викликів [1], ефективне функціонування підприємств промисловості залежить від подальшої стратегії інноваційного розвитку. В даному контексті важливим і актуальним напрямком інноваційного розвитку є технічне переозброєння виробництва з метою модернізації та підвищення техніко-економічного рівня виробництва, засвоєння випуску конкурентоспроможної наукоємної продукції, на яку існує попит на ринку. Отже, промисловим підприємствам необхідно формувати стратегію свого технічного розвитку, обираючи ті напрямки, які дозволять досягти поставлених цілей, враховуючи ринкові тенденції, що потребує розробки методичного забезпечення та обґрунтування відповідних практичних рекомендацій.

**Постановка завдання.** Реалізація заходів технічного переозброєння виробництва, які сприяють якісному оновленню активної частини основних виробничих фондів, а особливо на новій інноваційній основі, вже буде, як правило, позитивно впливати на підвищення ефективності виробничої діяльності. Але завдання полягає не в визначенні ефекту, а у виборі пріоритетних напрямків модернізації та технічного переозброєння для випуску перспективної номенклатури продукції, на яку існує і прогнозується попит на ринку, під яку це переозброєння здійснюється.

**Методологія.** У працях багатьох учених для вирішення проблем, пов'язаних з технічним переозброєнням виробництва, широко використовуються математичні моделі та методи (табл. 1).

Таблиця 1- Методи вирішення завдання вибору напрямків технічного переозброєння

№	Автор	Завдання	Методи вирішення	Результати
1	М.Г. Чумаченко [2]	Визначення ефективних напрямків технічного переозброєння виробництва	Кореляційно-регресійний і компонент-аналіз (метод головних компонент)	Визначено вплив головних компонент на показники ефективності та пріоритетність формування напрямків технічного переозброєння
2	М.Г. Чумаченко [2]	Вибір варіантів заміни обладнання, які б забезпечували максимальний для підприємства ефект	Метод оптимізації, побудова лінійної цілочисленої математичної моделі, яка вирішена псевдобулевыми методами бівалентного програмування	Вибір варіантів заміни обладнання, які забезпечать максимальний для підприємства ефект при існуючих обмеженнях з обсягів і якості продукції, при найбільш повному використанні матеріальних, трудових і фінансових ресурсів
3	А.І. Амоша [3]	Визначення способів удосконалення металургійного виробництва, вибір номенклатури продукції, джерел постачання сировини	Метод дискретної оптимізації, реалізований за допомогою програмного засобу «Пошук рішення» Microsoft Excel	Вибір оптимального варіанта розвитку виробництва на прикладі металургійного виробництва з урахуванням обмежень виробничих потужностей та потреб ринку в продукції
4	С.Г. Селіванов [4]	Оптимізація технологічних процесів виготовлення виробів і складу обладнання	Нейромережевий метод багатокритеріальної оптимізації проектних технологічних процесів	Знайдено шлях на мережевому графі з мінімальним значенням багатокритеріальної цільової функції (технологічної собівартості, штучного часу та капіталовкладень в обладнання), який відповідає найбільш раціональному варіанту проектного технологічного процесу виготовлення виробу
5	С.Я. Луцький, А.Я. Ландсман [5]	Вибір варіантів щодо трансформації парку машин (оновити парк машин або залишити його без змін)	Симплекс-метод	Визначено на прикладі підприємств будівельної галузі оптимальні пропорції в парку нових та зношених машин, які відповідають варіаціям обсягу інвестицій, спрямованих на цілі технічного переозброєння (з акціонерного капіталу) з урахуванням можливих варіантів приросту виробничої програми

Вибір напрямків технічного переозброєння виробництва пропонується здійснити на основі ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків між заходами технічного переозброєння та результатами діяльності шляхом моделювання структурними рівняннями, а також з урахуванням прогнозного попиту на продукцію, побудованого з використанням нейронних мереж.

Моделювання структурними рівняннями (SEPATH) – це техніка багатовимірної регресії, в якій об'єднані та розвинуті множинна регресія та факторний аналіз. В основі структурного моделювання полягає ідея ефекту впливу адитивних і мультиплікативних перетворень. Це дає можливість перевірити гіпотезу наявності лінійного зв'язку між змінними шляхом порівняння їх дисперсій та коваріацій [6].

Нейронні мережі є ефективним інструментом вирішення завдань розпізнавання образів, статистичного аналізу і прийняття рішень та дозволяють успішно вирішувати неформалізовані завдання. Використання нейромережного підходу для прогнозування попиту на продукцію має ряд переваг, а саме: висока точність прогнозу; можливість до навчання нейроімітаторів; можливість організації паралельних алгоритмів; стійкість і висока якість ідентифікації; адаптивність і регуляризація даних; надійність нейромережних технологій [7].

Результати дослідження. Побудову та аналіз економетричної моделі, яка дозволить оцінити значущість та адекватність взаємозв'язків явних та латентних факторів, що визначають процес технічного переозброєння підприємства, здійснено за допомогою модуля SEPATH пакета STATISTICA v. 6.0.

Технологія процесу моделювання реалізована на фактичних даних ВАТ «Світло Шахтаря». Вихідними даними для побудови моделей виступають показники, що характеризують рівень виробництва (організаційно-технічний та економічний рівень) і ефективність маркетингової діяльності підприємства (47 показників, згрупованих залежно від об'єктів аналізу), а також дані щодо загального обсягу реалізації продукції за шість років діяльності ВАТ «Світло Шахтаря».

З метою відображення причинно-наслідкових взаємозв'язків показників діяльності підприємства, була побудована структурна модель, основана на принципі виявлення факторів зовнішнього середовища (екзогенних змінних), які впливають на обсяг реалізації продукції, а також достатнього числа репрезентативних факторів внутрішнього середовища (ендогенних змінних). Висновки щодо зв'язку факторів зроблено на основі економічної логіки. Схема структурної моделі взаємозв'язків показників підприємства в загальному вигляді наведена на рис. 1.

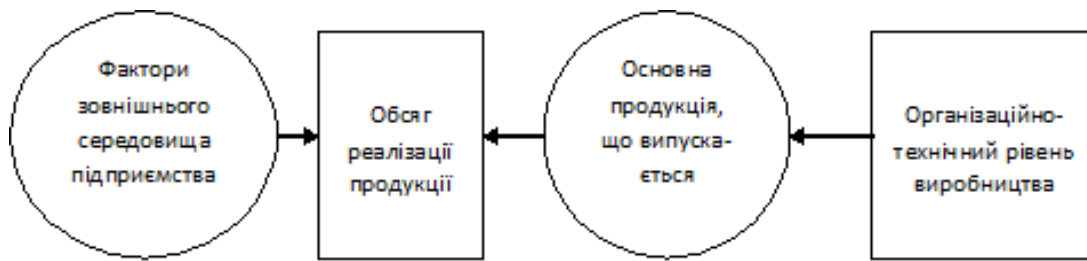


Рис. 1- Схема структурної моделі взаємозв'язків показників підприємства

Обсяг реалізації продукції формується під впливом факторів зовнішнього середовища (політико-правові, економічні, соціокультурні, технологічні, природні фактори, а також галузевий рівень конкуренції, споживачі, постачальники, партнери, місцеві органи влади) та внутрішнього середовища (організаційно-технічний рівень виробництва і ефективність використання ресурсів, що змінюються під впливом реалізації заходів технічного переозброєння). Елементи організаційно-технічного рівня виробництва впливають на техніко-економічні та експлуатаційні характеристики продукту підприємства (атрибути), які визначають рівень споживчої задоволеності та, залежно від цього, подальшу динаміку обсягів реалізації продукції [8].

На схемі явні змінні, тобто ті, які можливо виміряти, умовно зображені всередині прямокутників. Латентні змінні, тобто ті, які не можна виміряти, зображено всередині овалів. Усі незалежні змінні мають стрілки, які вказують на залежні змінні. Це означає, що між змінними мається причинний зв'язок, представлений системою простих лінійних рівнянь у вигляді діаграми шляхів. Для перевірки цієї гіпотези використовується програмний модуль SEPATH, що дозволяє зробити висновок щодо ізоморфності системи рівнянь діаграмі шляхів.

Для ВАТ «Світло Шахтаря» в результаті попереднього аналізу даних для побудови моделі були відібрані показники, які подані в табл. 2.

Діаграма шляхів отриманої структурної моделі наведена на рис. 2.

Відповідно до схеми прийняті наступні умовні позначення:

Op1, Dt1, To4, Tr3 – це явні ендогенні змінні, що відображають внутрішній стан виробничо-господарської діяльності підприємства;

SOp, SDt, STo, НТР – латентні статистичні варіації відповідних ендогенних змінних;

SUM – річний обсяг реалізації продукції, як явна змінна результату виробничо-господарської діяльності підприємства на ринку;

MARKET – екзогенна латентна змінна, яка відображає вплив сукупності ринкових факторів зовнішнього середовища прямого та непрямого впливу.

Таблиця 2- Система показників ВАТ «Світло Шахтаря» для проведення моделювання

Ум. позн.	Окремі показники, $x_i$	Складові, $I_i$
Op1	Рівень спеціалізації виробництва, % ( $x_1$ )	Складова організаційного рівня виробництва
To2	Зайнятість робочих ручною працею ( $x_9$ )	Складова технічної озброєності виробництва і праці
To4	Фондоозброєність, тис. грн./чол. ( $x_{11}$ )	
Дт1	Коефіцієнт оновлення ОВФ, % ( $x_{15}$ )	Складова динаміки і технічного стану ОВФ
Дт2	Коефіцієнт вибуття ОВФ, % ( $x_{16}$ )	
Дт4	Коефіцієнт зносу, % ( $x_{18}$ )	
Тр3	Питома вага прогресивного обладнання в загальному парку обладнання ( $x_{23}$ )	Складова техніко-економічного рівня обладнання
Ер2	Матеріаломісткість ( $x_{30}$ )	Складова ефективності використання ресурсів
Ер9	Витрати на 1 грн. продукції ( $x_{37}$ )	

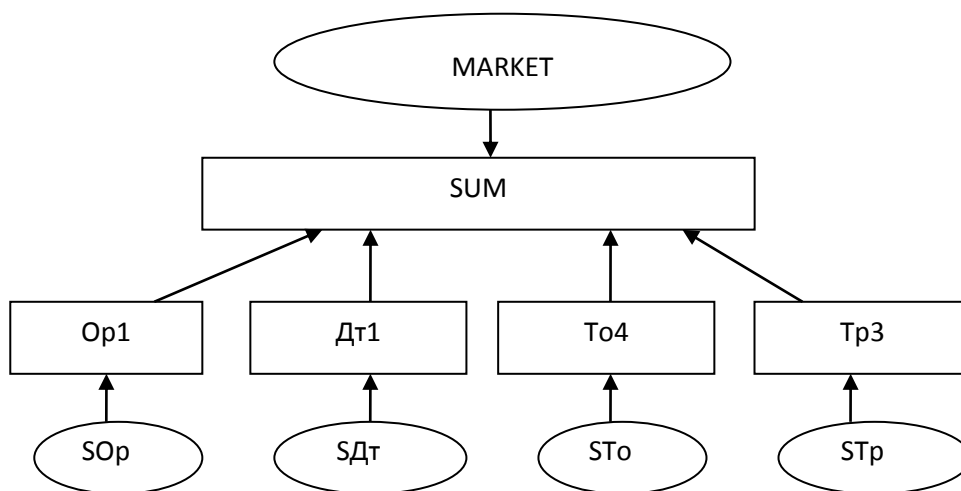


Рис. 2- Діаграма шляхів структурної моделі ВАТ «Світло Шахтаря»

Таким чином, побудована для ВАТ «Світло Шахтаря» діаграма шляхів дозволила визначити чотири явних ендогенних змінних (рівень спеціалізації виробництва (Op1), коефіцієнт оновлення основних виробничих фондів (Дт1), фондоозброєність праці (То4), питома вага прогресивного обладнання в загальному парку обладнання (Тр3)), які утворюють статистично достовірну структурну модель зв'язку між

показниками організаційно-технічного рівня виробництва і обсягом реалізації продукції.

Далі завдання полягає в оцінці невідомих параметрів моделі та визначенні якості підбору моделі. Результати моделювання свідчать, що була отримана статистично достовірна модель на рівні 99,5% імовірності.

Отримані параметри оцінювання впливу факторів (Parameter Estimate) дозволили побудувати наступне рівняння залежності:

$$SM = -13733 \times To_4 - 1142288 \times Op_1 + 520737 \times Tr_3 + 7182 \times Dm_1 + 7683 \quad (1)$$

Для уточнення коефіцієнтів у моделі було використано алгоритмом спряжених градієнтів. У результаті мінімізації були отримані нові параметри, які включаються до моделі:

$$SM = -13397,59 \times To_4 - 1802410 \times Op_1 + 492184 \times Tr_3 + 7312,86 \times Dm_1 + 1108930 \quad (2)$$

Слід відзначити, що вплив сукупності ринкових факторів для ВАТ «Світло Шахтаря» позитивний (+1108930). Це пояснюється тим, що ВАТ «Світло Шахтаря» займає монопольні позиції на ринку гірничошахтного обладнання, практично не має конкурентів і утримує значну частку ринку. Враховуючи таку тенденцію, підприємству необхідно зосередити зусилля на організаційно-технічних факторах, які будуть змінюватися під впливом модернізації і технічного переозброєння виробництва та надалі позитивно впливати на обсяг реалізації продукції підприємства.

Беручи до уваги причинно-наслідковий зв'язок між інтенсифікацією і підвищенням ефективності виробництва, висуваємо гіпотезу щодо наявності причинного зв'язку між показниками організаційно-технічного рівня виробництва, які були відібрані за чотирма складовими, та показниками ефективності виробництва, серед яких, після попереднього аналізу даних, залишились матеріаломісткість і витрати на одну гривню продукції, які, в свою чергу, впливають на обсяг реалізації продукції ВАТ «Світло Шахтаря».

Нова структурна модель, побудована для ВАТ «Світло Шахтаря», наведена на рис. 3.

Використання програмного модуля SEPATN дозволило зробити висновок щодо існування зв'язку між показниками організаційно-технічного рівня виробництва і ефективності використання ресурсів. Була отримана статистично достовірна модель зв'язку між чотирма відібраними факторами ( $Op_1$ ,  $Dm_1$ ,  $To_4$ ,  $Tr_3$ ), які визначають організаційно-технічний рівень, та показником витрат на одну гривню продукції ( $E_p$ ).

При оцінюванні впливу відібраних чотирьох показників організаційно-технічного рівня виробництва на матеріаломісткість виробництва для ВАТ «Світло Шахтаря» статистично достовірної моделі отримати не можливо,

оскільки вплив рівня спеціалізації виробництва ( $Op_1$ ) на матеріаломісткість виробництва ( $Er_2$ ) має значення P-Level більше 0,05.

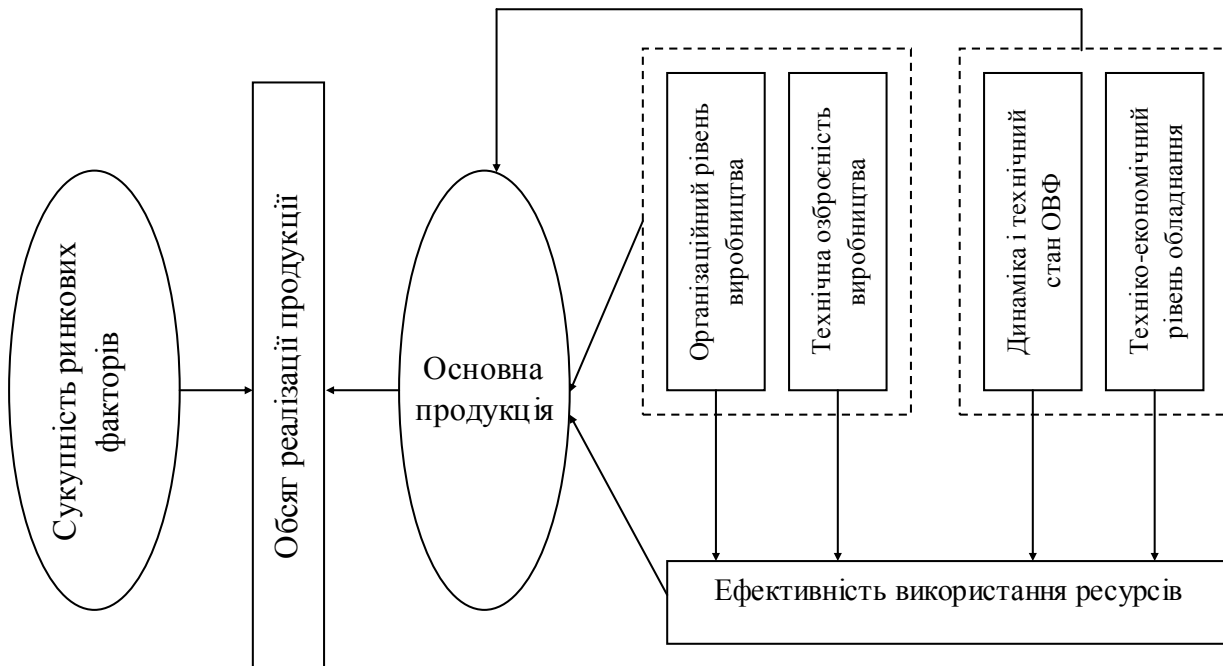


Рис. 3- Структурна модель впливу організаційно-технічних факторів на ефективність виробництва ВАТ «Світло Шахтаря»

Таким чином, модель зв'язку між показниками організаційно-технічного рівня виробництва і витратами на гривню продукції, має наступний вигляд:

$$Er_9 = 0,011 \times To_4 - 0,506 \times Op_1 + 0,084 \times Tr_3 - 0,009 \times Dm_1 + 0,84 \quad (3)$$

Отже, питомі витрати на виробництво продукції ВАТ «Світло Шахтаря» будуть зменшуватися при зростанні рівня спеціалізації виробництва ( $Op_1$ ) на конвеєрах і запчастинах для гірничошахтного устаткування, вплив цього фактора на питомі витрати найбільший. Також зменшення витрат на одиницю продукції можливо досягти шляхом продовження оновлення основних фондів (збільшення коефіцієнта оновлення фондів ( $Dm_1$ )) через реалізацію заходів модернізації машин і обладнання. Зростання витрат при збільшенні фондоозброєності праці ( $To_4$ ) і питомої ваги прогресивного обладнання в загальному парку обладнання ( $Tr_3$ ) пояснюється зростанням частки амортизації в собівартості продукції внаслідок придбання прогресивного обладнання та інших основних виробничих фондів підприємства.

При зростанні рівня спеціалізації виробництва ( $Op_1$ ) на одиницю, питомі витрати підприємства зменшаться на 0,506 грн. При зростанні

коефіцієнта оновлення основних фондів підприємства ( $D_{T_1}$ ) на одиницю, питомі витрати зменшаться на 0,009 грн. При зростанні питомої ваги прогресивного обладнання в загальному парку обладнання ( $T_{P_3}$ ) на одиницю питомі витрати збільшаться на 0,084 грн., а при зростанні фондоозброєності виробництва на одиницю ( $T_{O_4}$ ), питомі витрати на виробництво збільшаться на 0,011 грн.

Таким чином, отримані в результаті моделювання рівняння залежності можуть бути використані для визначення можливих змін у стані елементів організаційно-технічного рівня виробництва для забезпечення прогнозних обсягів виробництва і реалізації продукції.

Тому далі пропонується побудувати прогноз обсягів продажів продукції на основі фактичних щомісячних даних за шість років, тобто 72 спостереження з використанням нейронної мережі модуля Neural Networks пакету STATISTICA v. 6.0. Для прогнозування обрана нейронна мережа багатошарового перцептрона (MLP). Ефективність побудованої нейронної мережі становить 99,39%, що свідчить про високу точність прогнозу. В результаті було отримано прогнозний обсяг реалізації продукції на наступний період, який складає 250875,7 тис. грн. Динаміка фактичних і прогнозних даних обсягів реалізації продукції ВАТ «Світло Шахтаря» за місяцями наведена на рис. 4.

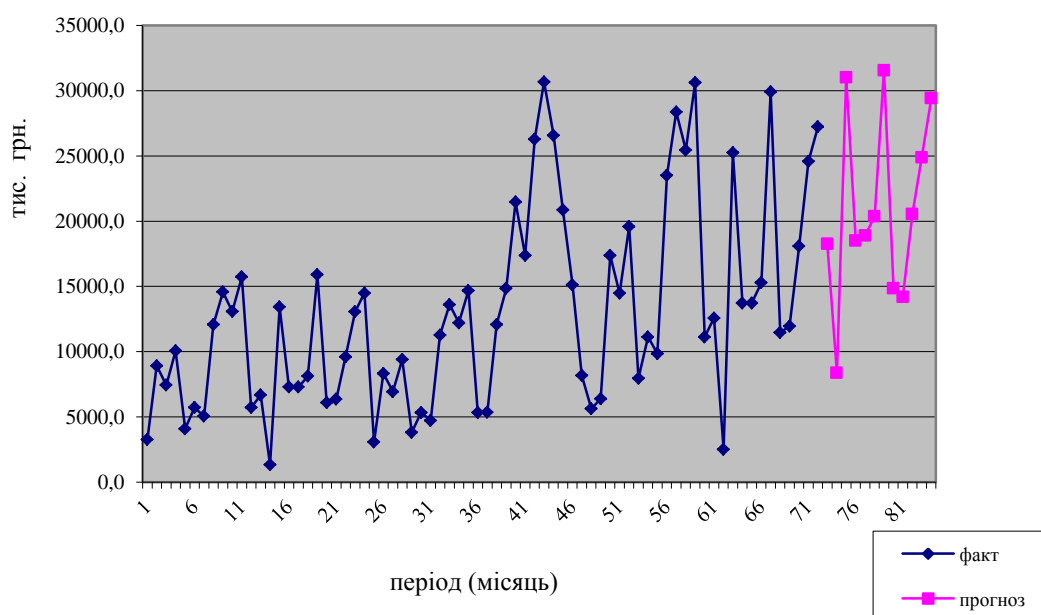


Рис. 4- Динаміка фактичних і прогнозних обсягів реалізації продукції ВАТ «Світло Шахтаря»

Далі знаходимо значення змін у показниках організаційно-технічного рівня виробництва, відповідні прогнозному обсягу реалізації (NS).

Якщо прийняти  $x, y, z, u$  як мінімальні значення змін, які необхідно внести в поточні значення факторів, що впливають на обсяг реалізації



продукції ( $To$ ,  $Op$ ,  $Tr$ ,  $Dт$ ), то завдання полягає в мінімізації квадрата суми можливих значень змін факторів з урахуванням прогнозного обсягу реалізації ( $NS$ ). Розрахунки виконуємо в MathCAD. Для пошуку мінімуму функції використаємо алгоритм спряжених градієнтів. Задаємо наступні умови для розрахунків:

$$\begin{aligned} x = 10; y = 0,1; z = 0,1; u = 10. \quad FF(x, y, z, u) &= (x + y + z + u)^2; \\ a(To_4 - x) + b(Op_5 - y) + c(Tr_3 - z) + d(Dm_1 - u) + e - NS &= 0; \\ ff &= \text{Minimize}(FF, x, y, z, u), \end{aligned} \quad (4)$$

де  $a, b, c, d$  – розраховані параметри моделі;

$x, y, z, u$  – значення мінімальних змін факторів, які впливають;

$e$  – вплив факторів зовнішнього середовища (ринку);

$NS$  – прогнозне значення обсягів реалізації продукції.

У результаті отримуємо одночасні зміни параметрів відповідно до динаміки обсягів реалізації продукції підприємства:

$$ff = \begin{pmatrix} 1,1755 \\ 0,0321 \\ 0,0243 \\ -1,2319 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Отримані значення дозволяють зробити наступні висновки. Незначне зменшення рівня спеціалізації підприємства на випуску конвеєрів (на 0,0321 від рівня базового періоду 0,83) свідчить про необхідність концентрації зусиль на виробництві запасних частин гірничошахтного обладнання, світильників та надання послуг з обслуговування вже діючого обладнання, що призведе до зростання обсягів реалізації.

Зростання коефіцієнта оновлення основних виробничих фондів підприємства на 1,2319 до рівня 18,27% свідчить про необхідність продовження реалізації заходів технічного переозброєння шляхом введення в експлуатацію нових машин та обладнання, придбання необхідної оргтехніки для автоматизації процесів виробництва. Також процес оновлення основних фондів підприємства буде позитивно впливати на зменшення питомих витрат на виробництво продукції та зростання прибутковості діяльності підприємства.

Зменшення фондоозброєності виробництва на 1,1755 до 38,60 тис. грн./чол. свідчить про необхідність вибуття або ліквідації фізично та морально зношених основних фондів внаслідок уведення в дію нових фондів. А зменшення питомої ваги прогресивного обладнання в загальному парку обладнання на 0,0243 до рівня 0,7907 свідчить про відсутність необхідності впровадження прогресивного обладнання на даному етапі, а доцільність концентрації зусиль та інвестицій на реалізацію

заходів, спрямованих на заміну обладнання, механізацію і автоматизацію виробництва відповідно до визначених змін у спеціалізації виробництва.

На основі значень одночасних кількісних змін параметрів (формула 5) моделі знаходимо нові їх значення, які відповідають прогнозованому обсягу продажів (формула 6):

$$\begin{matrix}
 To_4 = \begin{pmatrix} 33,573 \\ 39,815 \\ 42,088 \\ 35,718 \\ 37,748 \\ 39,777 \\ 38,6015 \end{pmatrix}; & Op_1 = \begin{pmatrix} 0,87 \\ 0,88 \\ 0,84 \\ 0,88 \\ 0,89 \\ 0,83 \\ 0,7979 \end{pmatrix}; & Tp_3 = \begin{pmatrix} 0,67 \\ 0,732 \\ 0,788 \\ 0,868 \\ 0,915 \\ 0,815 \\ 0,7907 \end{pmatrix}; & Dm_1 = \begin{pmatrix} 8,971 \\ 17,125 \\ 10,585 \\ 11,727 \\ 16,965 \\ 17,039 \\ 18,271 \end{pmatrix}.
 \end{matrix} \quad (6)$$

Якщо підставити нові значення організаційно-технічних факторів у модель їх зв'язку з витратами на одиницю продукції ( $Ep_9$ ) (формула 3), то отримаємо нове значення витрат на одиницю продукції, яке відповідає прогнозованому обсягу реалізації продукції:

$$Ep_9 = 0,01074 \times 38,30 - 0,5014 \times 0,798 + 0,0808 \times 0,7907 - 0,0092 \times 18,271 + 0,84396 = 0,7536$$

Порівняно з базовим значенням витрат, яке складало 0,7636 на одну гривню продукції, прогнозне значення витрат на одну гривню зменшиться на 0,01 і складе 0,7536.

**Висновки.** Таким чином, методичний підхід дозволить визначити напрямки технічного переозброєння виробництва на базі виявлення причинно-наслідкових зв'язків між показниками організаційно-технічного рівня виробництва та обсягом реалізації продукції шляхом побудови моделі. На її основі визначаються масштаби і напрямки технічного переозброєння виробництва, які відповідають прогнозованому обсягу виробництва продукції, отриманому з використанням нейронних мереж.

Використання підходу дозволить визначити найбільш значущі для кожного конкретного підприємства організаційно-технічні фактори та тенденцію їх впливу на результати виробництва продукції, а також сформулювати найбільш ефективні заходи технічного переозброєння і модернізації виробництва, забезпечити відповідність процесу технічного переозброєння досяжним цільовим результатам виробництва такої номенклатури продукції, яка має ринкові перспективи.

**Список літератури:** 1. Стратегія інноваційного розвитку України на 2010–2020 роки в умовах глобалізаційних викликів. Комітет з питань науки і освіти України // <http://kno.rada.gov.ua/komosviti/control/uk/doccatalog/list?currDir=48718>. 2.

Чумаченко Н. Г. Техническое перевооружение и реконструкция производства /

Н. Г. Чумаченко. – К. : Наукова думка, 1991. – 348 с. **3.** Развитие промышленного производства: проблемы и решения / Под ред. А. И. Амоша, Л. Т. Хижняк. – К.: Наукова думка, 2003. – 341 с. **4.** Селиванов С. Г. Теоретические основы реконструкции машиностроительного производства / С. Г. Селиванов, М. В. Иванова. – Уфа: Гилем, 2000. – 312 с. **5.** Луцкий С. Я. Корпоративное управление техническим перевооружением фирм: Учеб. пособие / С. Я. Луцкий, А. Я. Ландсман; под ред. А. Г. Поршнева. – М.: Высшая школа, 2003. – 319 с. **6.** Боровиков В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – [2-е изд.]. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с. **7.** Кизим Н. А. Нейронные сети: теория и практика применения : моногр./ Н. А. Кизим, Е. Н. Ястремская, В. Ф. Сенчуков. – Х. : ИД «ИНЖЭК», 2006. – 240 с. **8.** Тімонін О. М. Технічне переозброєння підприємства на основі концепції маркетингу: Монографія / О. М. Тімонін, К. В. Ларіна. – Харків: ВД «ІНЖЕК», 2008. – 256 с.

Поступила в редакцію 5.04.2012р