

# ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА: ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ

УДК 658.56:621.715

**В.О. ЗАЛОГА**, д-р техн. наук, **О.В. ІВЧЕНКО**, канд. техн. наук,  
**Ю.О. ПОГОРЖЕЛЬСЬКА**, **В.М. ХЯРМ**, Суми, Україна

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУ- ВАННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬ- НОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

Конкретизовано класифікацію сучасних методів прогнозування. Встановлені критерії вибору методу прогнозування. Запропоновані рекомендації щодо вибору методу прогнозування результативності конкретних процесів інструментальної підготовки виробництва, який найбільш адекватно враховує їх специфіку.

Конкретизирована классификация современных методов прогнозирования. Установлены критерии выбора метода прогнозирования. Предложены рекомендации для выбора метода прогнозирования результативности конкретных процессов инструментальной подготовки производства, который наиболее адекватно учитывает их специфику.

The classification of modern prognostication methods is being specified. The criteria of prognostication method choice are being set. The recommendations for the choice of prognostication methods of the concrete instrumental preproduction processes effectiveness sare being offered. The method in question takes into account the speculionties of instrumental preproduction processes.

### *Вступ*

Серед сучасних проблем машинобудування однією із найактуальніших є проблема оптимізації процесів інструментальної підготовки виробництва (ІПВ). Впровадження стандартів ДСТУ ISO серії 9000 на машинобудівних підприємствах спонукає застосування нових підходів до управління якістю процесів системи ІПВ. У той же час з'являються системи керування підприємством, які базуються на роботі в середовищі інформаційних технологій (наприклад, CALS-технологій) та успішно функціонують, кооперуючись зі створеною на основі вимог стандарту ДСТУ ISO 9001:2009 [1] системою управління якістю. Багаторічний досвід показує, що впровадження таких систем у виробничий процес стає рушійною силою й значно підвищує ефективність й оперативність виробничого процесу [2,3]. Принцип інтерактивності таких інформаційних систем пе-

редбачає можливість «програвання» імовірнісних ситуацій на предмет дослідження їхнього впливу на результати діяльності підприємства в цілому. Однак інструментарій таких систем хоч і оперує узагальненими показниками економічного характеру, але він не забезпечує можливості аналізу характеру перебігу конкретних процесів системи ІПВ у майбутньому і визначення яких-небудь несприятливих подій – ризиків, а також попередження збоїв при ІПВ. В той же час науково-обґрунтованим передбаченням найбільш ймовірного стану, тенденцій й особливостей розвитку керованого об'єкту є процес прогнозування.

Тому метою роботи є підвищення результативності системи ІПВ шляхом прогнозування показників якості перебігу процесів ІПВ на основі розробки рекомендацій щодо вибору найбільш раціонального методу прогнозування цих показників для конкретного процесу ІПВ.

#### *Основна частина*

Прогнозування надає можливість розкрити стійкі тенденції або обґрунтувати виникнення істотних змін у процесах, які в цей момент недоступні безпосередньому сприйняттю та перевірці на практиці. Основою методів прогнозування є виявлення та правильне оцінювання стійких зв'язків й залежностей між минулим, сьогоднішнім і майбутнім. Отже прогнозування є спеціальним науковим дослідженням перспектив розвитку процесів у майбутньому плановому періоді та дозволяє виявити можливі альтернативні варіанти, отримати науковий і емпіричний матеріал для обґрунтованого вибору й ухвалення планового рішення.

Відомо, що якість прогнозування залежить від правильного вибору методу прогнозування, оцінки вірогідності та інтерпретації результатів прогнозу. На цей час методи прогнозування класифікують за чотирма ознаками [4,5]: по ступеню формалізації, по періоду попередження, по об'єкту дослідження й по масштабу прогнозування.

У теперішній час все більше розповсюджується використання формалізованих моделей прогнозування. Ступінь формалізації знаходиться в прямій залежності від розмірів підприємства: чим крупніше підприємство, тим більшою мірою її керівництво може й повинне використовувати формалізовані підходи у своїй діяльності. У західній літературі відзначається, що близько 50% великих підприємств і близько 18% середніх і дрібних фірм воліє орієнтуватися на формалізовані кількісні методи при керуванні ресурсами та аналізі стану підприємства [6]. На рисунку 1 представлена класифікація методів прогнозування за ступенем формалізації.

Згідно наведеної класифікації можна зробити висновок, що сучасні методи прогнозування засновані на використанні різних математичних теорій: функціональний аналіз, теорія рядів, теорія екстраполяції й інтерполяції, теорія ймовірностей, математична статистика, теорія випадкових функцій і випадкових процесів, кореляційний аналіз, теорія розпізнавання образів. Щоб обґрунтувати вибір того або іншого методу прогнозування, необхідно мати кількісну оцінку можливості його застосування для конкретних процесів ІПВ.



Рисунок 1 – Класифікація методів прогнозування за ступенем формалізації

Кожен процес ІПВ характеризується специфічним обсягом завдань, особливим підходом до їхнього вирішення, певним складом і рівнем підготовки та кваліфікації персоналу, матеріальними й фінансовими ресурсами і т.д. Специфіка процесів визначає характер, структуру цілей і завдань прогнозування та вибору методів їхнього вирішення. В даній роботі запропоновано здійснювати вибір методів прогнозування відповідно до наступних критеріїв:

1 Період попередження прогнозу – проміжок часу, на який розробляється прогноз. За часом попередження або по часовому горизонту всі прогнози підрозділяються на: оперативні (до 1 місяця), короткострокові (від 1 місяця до 1 року), середньострокові (від 1 року до 5 років), довгострокові (від 5 років до 15-20 років) і далекострокові (понад 20 років).

2 Тип даних: казуальний (вибірка) і часовий ряд (стаціонарний, сезонний, тренд і циклічний). Вибірка складається з даних, які зібрані у фік-

сований момент часу. Часовий ряд складається з даних, які фіксуються через послідовні проміжки часу [5].

Стаціонарний часовий ряд складають дані, середнє значення і дисперсія яких постійні (або відносно постійні) за часом. Такий ряд існує, якщо виконується хоча б одна з умов:

- фактори, що впливають на зміну ряду, стабілізувалися та навколишнє середовище відносно незмінне;
- недолік даних, необхідних для спрощення моделі або для спрощення реалізації прогнозу, або для спрощення пояснення (якщо прогноз не має принципової важливості);
- ряд можна перетворити в стабільний або стабільність може бути досягнута після коригування яких-небудь факторів.

Трендовий ряд складають дані, що мають компонент, який характеризує зростання або убування значень даних протягом тривалого проміжку часу. Методи прогнозування для таких рядів використовуються у випадках, коли фактор/фактори, що впливають на процес викликають збільшення або зменшення значень ряду.

Сезонний ряд складають дані, зміни яких повторюються рік у рік. Методи прогнозування для сезонних рядів використовуються у випадках, коли розглянуті величини визначаються річним циклом.

Циклічний ряд складають дані, що мають тенденцію повторення сформованого стилю поведінки: кожні два або три та більше років.

- Ефективність – необхідність перевищення економічного ефекту від використання прогнозу над витратами на його розробку.
- Безперервність – можливість робити коригування прогнозу по мірі надходження нової інформації про об'єкт прогнозування.
- Здатність до верифікації – точність, вірогідність й обґрунтованість прогнозу.
- Альтернативність – можливість розвитку об'єкту дослідження (окремих його елементів) по різних траєкторіях.

Слід зазначити, що специфіка ІПВ дозволяє «відсіяти» частину методів за критеріями 1 та 2. Так, виходячи з мети системи ІПВ, можна зробити висновок про швидкість перебігу процесів інструментозабезпечення [7]. Період попередження прогнозу в цьому випадку не перевищує 1 рік. Отже, за першим критерієм з наведеної на рис. 1 класифікації, відбираються методи, які дозволяють проводити оперативний і короткостроковий прогноз, а саме: екстраполяція трендів; метод ковзних середніх; метод експонентного згладжування; метод Хольта й Брауна та ін. (табл. 1).

Таблиця 1 – Методи прогнозування і приклад листа аналізу думок члена експертної групи

Методи прогнозування	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Метод Вінтерса	1	1	0	1	2	0	2	1	1	1	1	2	2	1
2	Побудова сценаріїв	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
3	Регресійний аналіз	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1
4	Кореляційний аналіз	1	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1
5	Метод "інтерв'ю"	0	1	0	0	1	2	1	1	1	0	0	1	1	1
6	Аналітичний метод	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
7	Метод психоінтелектуальної генерації ідей	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	2	1
8	Метод комісій	1	2	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	2	1
9	Метод "Дельфі"	1	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
10	Метод колективної генерації ідей	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
11	Метод керованої генерації ідей	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
12	Імітаційне моделювання	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
14	Історико-логічний аналіз	1	2	1	1	1	2	1	1	1	0	0	2	2	1

Примітка. У табл. перевага  $j$ -го об'єкту перед  $i$ -м позначено цифрою 2, рівноцінність - цифрою 1, а перевага  $j$ -го об'єкту перед  $i$ -м - цифрою 0.

Другий критерій є одним з найбільш важливих у виборі методів прогнозування. Тому у даній роботі був проведений аналіз моделей даних в ІПВ. Було встановлено, що кожний процес ІПВ характеризується казуальним, сезонним або трендовим типом даних. До методів прогнозування, які можуть оперувати сезонними або рейдовими рядами, відносяться: метод Вінтерса; регресійний аналіз; кореляційний аналіз; метод "інтерв'ю"; аналітичний метод; метод психоінтелектуальної генерації ідей; метод комісій; метод «Дельфі» (анкетування); побудови сценаріїв; метод колективної генерації ідей («мозкова атака»); метод керованої генерації ідей; імітаційне моделювання; морфологічний аналіз.

Вибір раціонального методу прогнозування для кожного процесу ІПВ пропонується робити згідно критеріїв 3, 4, 5 та 6. Для аналізу був використаний експертний метод подвійного попарного зіставлення. Експертам надавалися методи, що були попередньо відсортовані у дві групи: перша – методи, що аналізують трендовий тип даних і друга – методи, що аналізують сезонний тип даних.

Після виконання робіт з формування експертної групи, проводиться кодування факторів і визначення думок експертів (див. табл. 1) [6,7].

Значення вагових коефіцієнтів, що отримані подвійним попарним зіставленням, можна розрахувати методом послідовного наближення, у яко-

му результат виміру в  $w$ -му наближенні визначається як середнє квадратичне зважене. Початкові результати розглядаються в цьому випадку у якості першого наближення. У другому наближенні вони використовуються як вагові коефіцієнти  $G_j(2)$  суджень експертів. Нові результати, що отримані з обліком цих вагових коефіцієнтів, розглядаються у третім наближенні знову як вагові коефіцієнти  $G_j(3)$  тих же думок експертів і т.д. Відповідно до теореми Перрона-Фробеніуса [6], при певних, виконуваних на практиці умовах, цей процес сходиться, тобто вагові коефіцієнти прагнуть до деяких постійних значень, що строго відображають співвідношення між об'єктами експертизи при встановлених експертами вихідних даних.

У роботі уточнення вагових коефіцієнтів запропоновано робити методом послідовного наближення [7].

Первісні результати  $G_j(1)$  визначаються по формулі:

$$G_j(1) = \sum_{l=1}^m K_{jl}, \quad (1)$$

де  $G_j(1)$  – результат виміру  $j$ -го показника в першому наближенні;  
 $K_{jl}$  - число переваг  $j$ -го показника одним експертом ( $l = 1 \dots m$ ).

Результати виміру  $j$ -го показника в  $w$ -му наближенні будуть рівні:

$$G_j(w) = \sqrt{[(G_1(w-1)]^2 \cdot K_{j1} + \dots + [(G_m(w-1)]^2 \cdot K_{jm}}, \quad (2)$$

де  $G_j(w-1)$  - результат виміру  $j$ -го показника в  $(w-1)$  наближенні.  
 Значення вагових коефіцієнтів у  $w$ -му наближенні визначають, як

$$\gamma_j(w) = \frac{G_j(w)}{\sum_{j=1}^m G_j(w)}, \quad (3)$$

Процес уточнення значень триває доти, поки точність не досягне заданої, тобто поки не виконається умова:

$$\gamma_j(w) - \gamma_j(w-1) \leq \varepsilon, \quad (4)$$

де  $\varepsilon$  – задана точність обчислень, що звичайно приймається [6,7]:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 0,001 \text{ при } 1 < a \leq 1; \\ \varepsilon &= 0,01 \text{ при } a > 5 \end{aligned} \quad (5)$$

де  $a$  - коефіцієнт, що показує у скільки разів вага кращого з показників перевершує вагу гіршого показника.

Для всіх експертів була розрахована матриця рангових коефіцієнтів кореляції Спірмена  $r_i$ . Для кожного експерта виконується умова  $r_i \leq 0,5$  і це означає, що оцінки окремого експерта корелюють з загальними оцінками і жоден експерт не був виключений.

Результатом експертних оцінок є дві зведені таблиці показників вагомості процесів ППВ окремо для методів із трендовим та сезонним типами даних. Фрагмент такої таблиці наведений у табл. 2.

Отже, за допомогою цієї таблиці можна виділити для відповідних умов раціональні методи прогнозування показників якості процесів ППВ, що рекомендовані до застосування. Для цього необхідно визначити граничне значення показника вагомості, яке поділяє показники вагомості на «важливі» й «неважливі». Методи з показниками вагомості, що перевищують це значення, є рекомендованими до застосування.

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз методів прогнозування із сезонним типом даних

№	Процеси життєвого циклу ТЕ	Методи прогнозування												
		Вінгерса	Регресійний аналіз	Кореляційний аналіз	Аналітичний метод	Метод «інтерв'ю»	Психоінтелектуальної генерації ідей	Комісій	«Дельфі»	Коллективної генерації ідей	Керованої генерації ідей	Прогнозний сценарій	Історико-логічний аналіз	Морфологічний аналіз
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Виявлення потреби в ТЕ, її уніфікації	0,091	0,115	0,107	0,054	0,045	0,041	0,070	0,076	0,112	0,115	0,078	0,078	0,020
2	Підготовка плану випуску ТЕ	0,034	0,035	0,037	0,029	0,088	0,095	0,090	0,111	0,115	0,111	0,028	0,139	0,087
3	Оцінка ефективності використання власної або покупної ТО	0,047	0,056	0,052	0,054	0,082	0,109	0,086	0,102	0,117	0,118	0,064	0,070	0,044
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	Збір і первинна переробка відпрацьованого ТО	0,054	0,052	0,052	0,057	0,080	0,109	0,086	0,108	0,115	0,114	0,051	0,074	0,048

Показники вагомості методів прогнозування визначають пріоритетний метод прогнозування для конкретного процесу ППВ (табл. 3).

Таблиця 3 – Рекомендовані методи прогнозування показників якості перебігу процесів системи ІПВ.

Процеси ІПВ	Методи прогнозування														
	Екстраполяції	Експонентного згладжування	Вінгера	Регресійний аналіз	Кореляційний аналіз	Аналітичний метод	Метод «інтерв'ю»	Психоінтелектуальної генерації ідей	Комісій	«Дельфі»	Коллективної генерації ідей	Керованої генерації ідей	Прогнозний сценарій	Історико-логічний аналіз	Морфологічний аналіз
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Виявлення потреби в ТО, її уніфікації	Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С	С	-
2. Підготовка плану випуску ТО	-	Т	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	С, Т	С, Т
3. Оцінка ефективності використання власного ТО або покупного ТО	-	-	-	-	-	Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-
4. Закупівля ТО, матеріалів, елементів і вузлів ТО	С, Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	С	С, Т	С, Т	-	С	-
5. Випробування й зберігання покупних матеріалів, елементів і вузлів ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	С	С, Т	С, Т	-	-	-
6. Виготовлення й випуск ТО	-	-	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-
7. Зберігання й облік витрати, наявності, стану й потреби в ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	С	С, Т	С, Т	-	-	-
8. Експлуатація ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9. Планово-попереджувальний ремонт або відновлення ТО	-	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-
10. Збір і первинна переробка відпрацьованого ТО	-	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-

Примітка. «С» – метод із сезонним типом даних, «Т» – метод із трендовим типом даних, «-» – метод не рекомендується.

Граничне значення показника визначається за формулою:

$$q = 1/n \quad (6)$$

де  $n$  – кількість аналізованих методів прогнозування в кожному процесі ІПВ.



### *Висновки*

В роботі досліджено сучасні методи прогнозування та конкретизовано їх класифікацію. Це дозволило визначити критерії вибору методу прогнозування, який найбільш адекватно враховує специфіку конкретного процесу ІПВ.

На основі визначених критеріїв за допомогою експертного методу була проведена кількісна оцінка застосування методів прогнозування для проведення прогнозування показників результативності процесів ІПВ та зроблено висновок, що, запропонований метод не включає перевірку обраних методів на адекватність й визначення помилки прогнозу, але він дозволяє значно скоротити час на розробку прогнозуючої моделі щодо оцінювання якості перебігу процесів системи ІПВ та її результативності в цілому. Це дозволяє в повній мірі підвищити гнучкість системи ІПВ вітчизняних промислових підприємств у швидкозмінних умовах.

Таким чином, запропоновані рекомендації відіграють важливу роль в поліпшенні якості перебігу процесів системи ІПВ та її результативності на всіх етапах життєвого циклу інструменту та оснащення.

**Список використаних джерел:** 1. ДСТУ ISO 9001:2009 «Системи управління якістю. Вимоги» / Держстандарт України – Чинний від 2009-09-01 – 2009. 2. Кухар А. В открытую: Управленческие решения класса Open Source / А. Кухар // Компьютерное обозрение. – 2010. – №8. – С.22–30. 3. Березин В. Управление проектами в мире и Украине / В. Березин // Компьютерное обозрение. – 2009. – №36. – С.19–23. 4. Антохонова И. В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов: учебное пособие / И.В. Антохонова. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 212 с. 5. Ханк Д.Э. Бизнес-прогнозирование / Ханк Д. Э., Уичерн Д. У., Райтс А. Дж. ; пер. с англ. В. В.Марченко, В. Н. Радченко. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 656 с. 6. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. - 256 с. 7. Ивченко А.В. Управление качеством инструментальной подготовки производства многономенклатурного машиностроительного предприятия: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.02 / Ивченко Александр Владимирович. – Сумы, 2009. – 278 с.