

А. П. КОЖУШКО, Т. О. КРЮКОВА

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБ В МАТЕРІАЛЬНИХ ЗАПАСАХ НА БАЗІ АВТОМОБІЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Розвиток автомобільно-транспортного підприємства, в сьогоднішніх реаліях, напряму залежить від планування його фінансової діяльності, адже при зміні попиту на послуги, продукцію або при варіативності ринкової кон'юнктури варіюється і отримання прибутку. При формуванні плану розвитку підприємства важливу роль відіграє процес прогнозування кінцевого фінансового результату. Така ж тенденція простежується і при закупівельній роботі будь-якого підприємства. В процесі прогнозування в цілому та в окремих його напрямках виникає велика складність, що викликана рядом об'єктивних (а в деяких випадках і суб'єктивних) причин. Відомим фактом є те, що проведення прогнозу підвищує ефективність загального планування роботи, особливо в умовах коли прогнозні результати постійно корегуються з урахуванням змінного зовнішнього середовища та особливостей закупівельної діяльності. В зв'язку з цим виникає мета даної роботи – аналіз та узагальнення найпопулярніших методів прогнозування, а також запропонування комбінованого методу прогнозування, який базується на теорії оптимізації. При вирішенні поставленої мети використовувалась методика, яка ґрунтувалась на представлених математичних алгоритмів найпопулярніших методів прогнозування. На основі якої запропоновано комбінований метод прогнозування, який має можливість реалізовуватись за трьома підходами при визначенні вагових коефіцієнтів з залученням принципів теорії оптимізації. Як результат в матеріалах даної роботи показано прогнозні значення закупівельної діяльності з використанням регресійного аналізу, ковзаючої середньої та експоненціального згладжування. Як показали прогнозні значення, при використанні регресійного аналізу на місяць похибка становить 17%. При використанні методів екстраполяції (ковзаючої середньої та експоненціального згладжування) при прогнозуванні на 3 місяці похибка складала 7,5% та 4,2%, відповідно.

Ключові слова: автомобільне підприємство, прогнозування, закупка, метод, алгоритм, оптимізація.

А. П. КОЖУШКО, Т. О. КРЮКОВА

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБ В МАТЕРІАЛЬНИХ ЗАПАСАХ НА БАЗІ АВТОМОБІЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Развитие автомобильно-транспортного предприятия, в сегодняшних реалиях, напрямую зависит от планирования его финансовой деятельности, ведь при изменении спроса на услуги, продукцию или при вариативности рыночной конъюнктуры варьируется и получение прибыли. При формировании плана развития предприятия важную роль играет процесс прогнозирования конечного финансового результата. Такая же тенденция прослеживается и при закупочной работе любого предприятия. В процессе прогнозирования в целом и в отдельных его направлениях возникает большая сложность, вызванная рядом объективных (а в некоторых случаях и субъективных) причин. Известным фактом является то, что проведение прогноза повышает эффективность общего планирования работы, особенно в условиях, когда прогнозные результаты постоянно корректируются с учетом переменного внешней среды и особенностей закупочной деятельности. В связи с этим возникает цель данной работы - анализ и обобщение самых популярных методов прогнозирования, а также предложение комбинированного метода прогнозирования, основанного на теории оптимизации. При решении поставленной цели использовалась методика, основанная на представлении математических алгоритмов самых популярных методов прогнозирования. На основе которой предложен комбинированный метод прогнозирования, который имеет возможность реализовываться по трем подходам при определении весовых коэффициентов с привлечением принципов теории оптимизации. В результате в материалах данной работы показаны прогнозные значения закупочной деятельности с использованием регрессионного анализа, скользящей средней и экспоненциального сглаживания. Как показали прогнозные значения, при использовании регрессионного анализа в месяц погрешность составляет 17%. При использовании методов экстраполяции (скользящей средней и экспоненциального сглаживания) при прогнозировании на 3 месяца погрешность составила 7,5% и 4,2% соответственно.

Ключевые слова: автомобильное предприятие, прогнозирование, закупка, метод, алгоритм, оптимизация.

A.P. KOZHUSHKO, T.O. KRUIKOVA

METHOD OF FORECASTING NEEDS IN MATERIAL INVENTORIES ON THE BASIS OF AUTOMOBILE ENTERPRISE

The development of a road transport company, in today's realities, directly depends on the planning of its financial activities, because when the demand for services, products changes or when the market situation changes, the profit is also varied. When forming a development plan for an enterprise, the process of forecasting the final financial result plays an important role. The same tendency can be traced in the procurement work of any enterprise. In the process of forecasting in general and in its individual areas, great complexity arises due to a number of objective (and in some cases subjective) reasons. It is a well-known fact that making a forecast increases the efficiency of overall work planning, especially in an environment when forecast results are constantly being adjusted taking into account the variable external environment and the specifics of procurement. In this regard, the purpose of this work arises - the analysis and generalization of the most popular forecasting methods, as well as the proposed combined forecasting method based on optimization theory. When solving this goal, a technique was used, based on the presentation of mathematical algorithms of the most popular forecasting methods. On the basis of which a combined forecasting method is proposed, which has the ability to be implemented by three approaches in determining the weight coefficients using the principles of optimization theory. As a result, the materials of this work show the predicted values of procurement using regression analysis, moving average and exponential smoothing. As the predicted values showed, when using regression analysis per month, the error is 17%. When using extrapolation methods (moving average and exponential smoothing) when forecasting for 3 months, the error was 7.5% and 4.2%, respectively.

Key words: automotive company, forecasting, purchasing, methods, algorithms, optimization.

Вступ. Сьогодні будь-яке підприємство ставить перед собою за мету отримання прибутку за різноманітними напрямками діяльності при зміні попиту на послуги, продукцію, а також при варіативності ринкової кон'юнктури. Досягання цієї мети обумовлює стабільний та стійкий розвиток підприємства, роблячи його самозабезпеченим.

Досліджуючи діяльність підприємства автомобільного транспорту необхідно відзначити велику конкуренцію в сегменті закупівель автомобільних запчастин. Станом на кінець 2020 року в Україні можна виділити вісім великих оптових постачальників автозапчастин («Автотехнікс», «Бастіон», «Владислав», «Інтеркарс», «Омега», «Трост», «Еліт» та «Юнітрейд»), які і стають базовими постачальниками при організації управління закупівель вітчизняних автомобільно-транспортних підприємств.

При формуванні плану розвитку підприємства важливу роль відіграє процес прогнозування кінцевого фінансового результату. В процесі прогнозування в цілому та в окремих його напрямках великої складності викликає ряд об'єктивних (а в деяких випадках і суб'єктивних) причин. Відомо, що прогноз та план роботи підприємства розробляється окремо один від одного, але з метою підвищення ефективності планування необхідно провести прогноз, який би постійно коректувався з урахуванням змінного зовнішнього середовища та особливостей закупівельної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Як підкреслюють відомі спеціалісти з галузі закупівельної логістики [1, 2]: прогноз – це початковий етап обґрунтування плану, який дозволяє розвивати ефективність, точність та надійність рішень, що приймаються.

З роботи [2] відомо, що базовими термінами прогнозики є:

- варіант прогнозу;
- методика прогнозу (сукупність правил розробки прогнозів);
- метод прогнозування (дослідження об'єкта для розробки прогнозу);
- об'єкт прогнозування (явище на яке направлено діяльність об'єкта);
- прогнозна модель;
- система прогнозування (система методів прогнозування та засобів їх реалізації);
- прогнозний фон (вплив зовнішніх умов, що впливають на рішення задачі).

Як стверджують автори роботи [3] прогнозуванням називається метод, який використовує досвід, як накопичений в минулому, так і поточні допущення відносно майбутнього з метою його визначення.

При обиранні методу прогнозування зазвичай використовують один з методів, що наведені на рис. 1. Вибір методу прогнозування обумовлено

політикою підприємства.

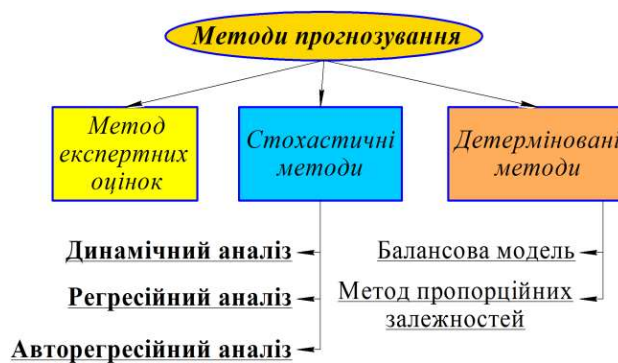


Рисунок 1 – Класифікація методів прогнозування [4]

Так найбільш розповсюдженою задачею прогнозування є задача прогнозування часових рядів, тобто функцій, що визначаються на вісі часу [5]. На сьогоднішній день існує багато ефективних методів прогнозування, що пов'язані з потужним математичним апаратом. До таких відносяться білінійні моделі [6], моделі на основі методів Монте-Карло [7], методи на основі експертних оцінок (рекурсивних стратегій) [8].

При використанні неефективного методу прогнозування на автотранспортних підприємствах можливо виникнення такої проблеми, як затоварювання складу, що призводить до підвищення величини замороженого капіталу підприємства. Також не менш важливим є врахування можливості оформлення оптимального заказу виходячи з максимального прибутку від його реалізації. Окрім того, необхідно при оформленні заказів враховувати існуючі знижки та на основі всіх вимог формувати об'ємно-масові характеристики вантажу.

Мета дослідження, постановка задачі. Метою даної роботи є аналіз та узагальнення найпопулярніших методів прогнозування, а також запропонування комбінованого методу прогнозування, який базується на теорії оптимізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- навести математичний алгоритм та на практиці показати ефективність найпопулярніших методів прогнозування;
- запропонувати комбінований метод прогнозування, який базується на теорії оптимізації.

Прогнозування кількості продаж методом регресійного аналізу. Для формування прогнозних значень необхідно мати вихідні дані, тобто попередні помісячні продажі (рис. 2).

Регресійний аналіз базується на визначенні лінійного тренду та коефіцієнті сезонності.

Рівняння лінійного тренду має вигляд

$$y = a + b \cdot x, \quad (1)$$

де y – кількість продаж; a та b – константи; x – місяць.

Константи a та b знаходяться з обчислення рівнянь

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{12} y_i \cdot \sum_{i=1}^{12} x_i^2 - \sum_{i=1}^{12} x_i \cdot \sum_{i=1}^{12} x_i \cdot y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^{12} x_i^2 - \sum_{i=1}^{12} x_i \cdot \sum_{i=1}^{12} x_i} ; \quad (2)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^{12} x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^{12} x_i \cdot \sum_{i=1}^{12} y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^{12} x_i^2 - \sum_{i=1}^{12} x_i \cdot \sum_{i=1}^{12} x_i} , \quad (3)$$

де n – кількість місяців.

Для більш точного прогнозу необхідно також врахувати сезонність продаж. Сезонність продаж в найкращому випадку береться за останні 3 роки (без врахування першого року торгівлі). Важливо, щоб ці роки були стабільними, як в підприємстві з продажу, так і в державі.

Для визначення сезонності введемо коефіцієнти сезонності k , які будуть відповідати кожному місяцю продаж.

$$k_i = \frac{12 \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{12} y_i} . \quad (4)$$

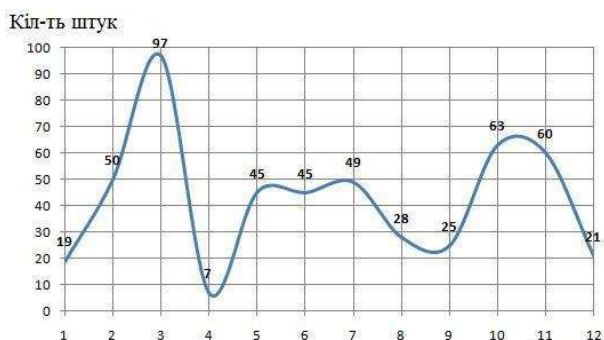


Рисунок 2 – Статистика продаж «Товару 1» по місячно

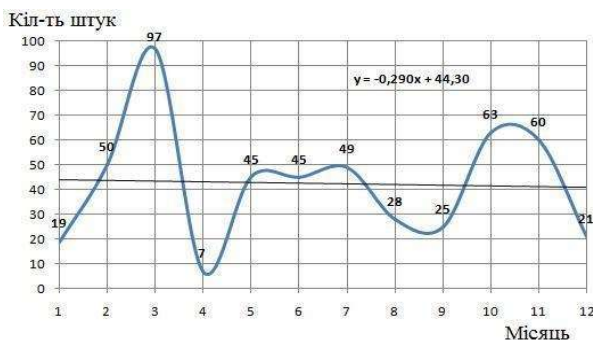


Рисунок 3 – Статистика продаж «Товару 1» по місячно з виводом лінії тренду

Таблиця 1 – Результати прогнозу на місяць за допомогою лінійного тренду

Місяць	y_i , од	x_i	a	b	Коеф. сезон. k_i	Прогнозні значення
Січень	19	1	44,3	-0,29	0,45	20
Лютий	50	2			1,18	52
Березень	97	3			2,29	99
Квітень	7	4			0,17	7
Травень	45	5			1,06	45
Червень	45	6			1,06	45
Липень	49	7			1,16	49
Серпень	28	8			0,66	28
Вересень	25	9			0,59	25
Жовтень	63	10			1,49	61
Листопад	60	11			1,41	58
Грудень	21	12			0,50	20
Січень	15	13				18

Прогнозування кількості продаж методом екстраполяції: ковзаючої середньої. Метод ковзаючої середньої використовується при короткостроковому прогнозуванні. Він базується на наступному рівнянні для знаходження прогнозного значення

$$y_{i+1} = c + (y_i - y_{i-1})/n , \quad (5)$$

де c – ковзаюча середня за два періоди до прогнозного; n – число рівнів, що входять в інтервал згладжування; y_i – фактичне значення

досліджуваного явища за попередній період; y_{i-1} – фактичне значення досліджуваного явища за два періоди, що передують прогнозованому.

Рівняння (5) має доцільність лише при знаходженні прогнозного значення з числом рівнів, що входять в інтервал згладжування, рівним 3 (тобто при $n = 3$).

Розглянемо приклад знаходження прогнозного значення за методом ковзаючої середньої в табл. 2.

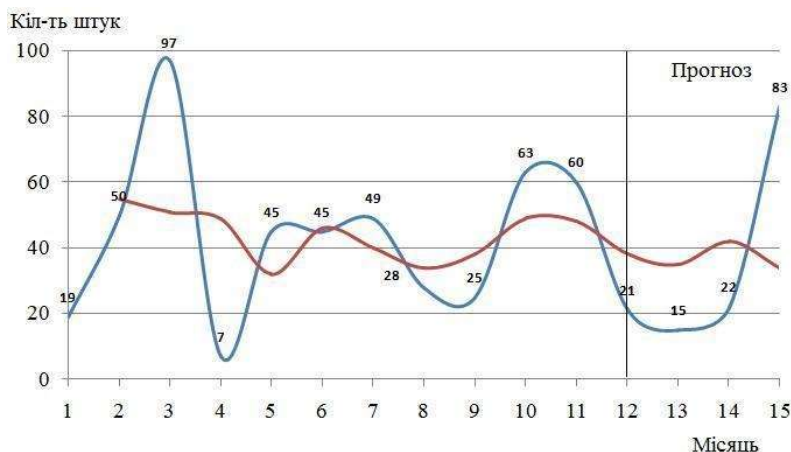


Рисунок 2 – Результати за допомогою ковзаючої середньої

Прогнозування кількості продаж методом екстраполяції: експоненціальне згладжування. Метод експоненціального згладжування найбільш ефективний при розробці середньострокових прогнозів. Він базується на наступному рівнянні для знаходження прогнозного значення

$$y_{i+1} = \left(\frac{2}{n+1}\right) \cdot y_i + \left(1 - \frac{2}{n+1}\right) \cdot Y_i \quad (6)$$

де n – число спостережень, що входять в інтервал згладжування; y_i – фактичне значення досліджуваного показника за період, що передує прогнозному; Y_i – експоненціальна зважена середня

для періоду, що передує прогнозному.

Розглянемо приклад знаходження прогнозного значення за методом експоненціального згладжування. На початку розрахунку необхідно визначити експоненціальну зважену середню для періоду, що передує прогнозному. В нашому випадку це буде середнє значення за весь розрахунковий період, тобто

$$Y_0 = \left(\frac{19 + 50 + 97 + 7 + 45 + 45 + 49 + 28 + 25 + 63 + 60 + 21}{12}\right) = 42$$

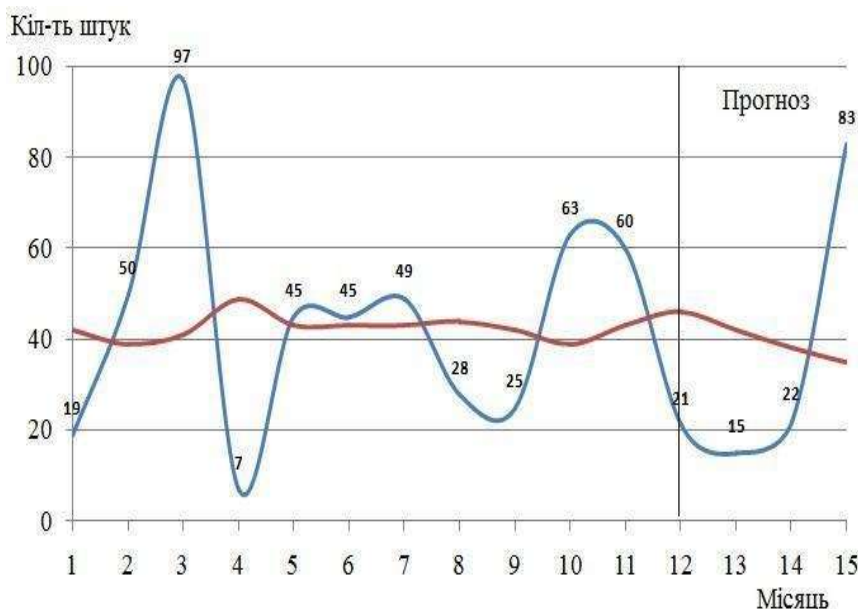


Рисунок 3 – Результати за допомогою експоненціального згладжування

Як видно, з аналізу кожен з трьох методів має високу точність прогнозу, але при врахуванні зовнішніх факторів кожен з наведених методів може надати велику похибку, що є не припустимим, тому сформуємо комбінований метод прогнозування.

Комбінований метод прогнозування, який базується на теорії оптимізації. Перш ніж переходити до викладки комбінованого методу необхідно оцінити загальний стан речей. Тому

сформуємо принципову схему алгоритму планування заказу (рис. 4). Дана схема включає в себе передбачення страхового запасу, замороженого капіталу, дефіцит, ABCXYZ-аналізи та об'ємно-масові характеристики.

На рис. 4 показано F – регресійний аналіз; G – ковзаюча середня; H – експоненціальне згладжування; PIZ – кількість запчастин в останньому заказі; 1, 2, 3 – індекси відповідні результатам ABCXYZ аналізів; z – коефіцієнт, що визначає довірчий рівень (залежно від ABCXYZ аналізів); μ_l – середній час виконання заказу; σ_D –

середньоквадратичне відхилення об'єму витрат запасу; μ_D – середня витрата запасів за період; σ_l – середньоквадратичне відхилення часу виконання заказу.

Запропонований комбінований метод прогнозування базується на використанні трьох методів: регресійного аналізу (K_1), ковзаючої середньої (K_2) та експоненціального згладжування (K_3).

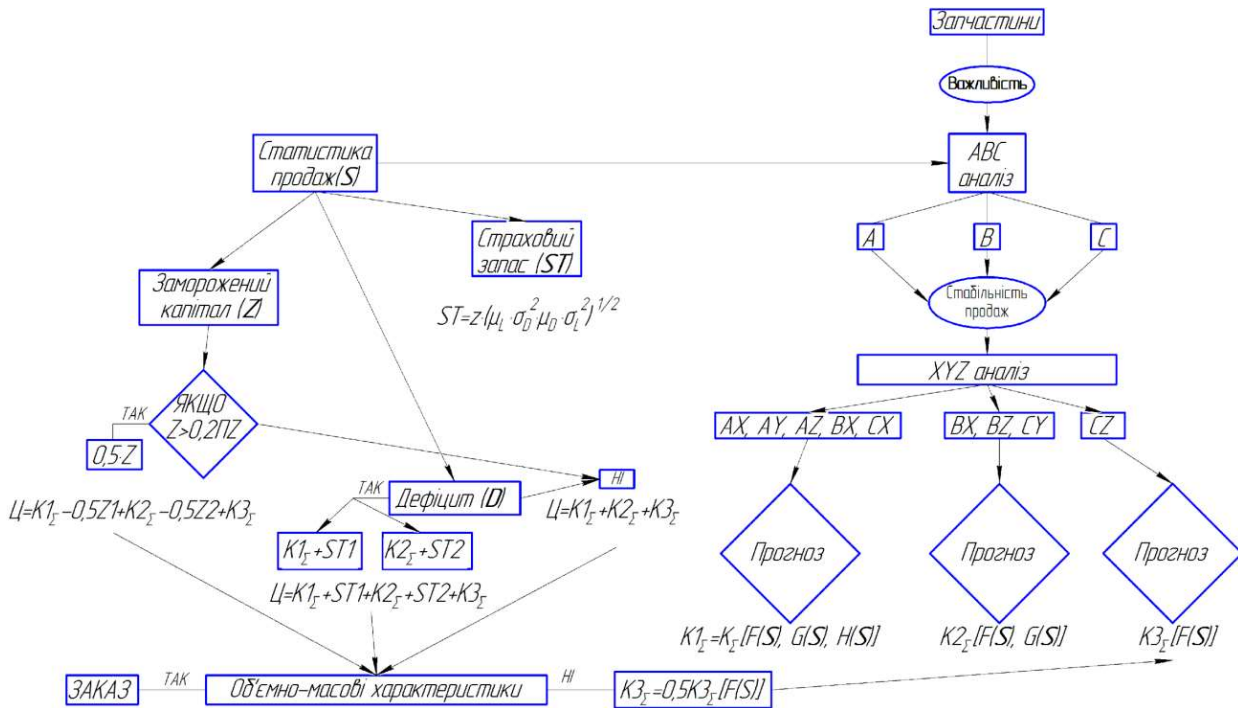


Рисунок 4 – Принципова схема алгоритму планування заказу

Синтез комбінованого методу відбувається за допомогою принципів теорії оптимізації, а саме введенням узагальнюючого критерію [9].

$$K_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Z_i \cdot K_i + \sum_{j=1}^m Z_j \cdot P_j \quad (7)$$

де Z_i, Z_j – вагові коефіцієнти; P_j – штрафна функція, яка знижує значення узагальненого критерію при виході варійованого параметра за межі допустимих значень. Відмітимо, що штрафна функція може ґрунтуватись на результатах ABCXYZ аналізів.

Що стосується визначення вагових коефіцієнтів, то для їх формалізації можна скористатись трьома підходами:

1. Рівномірно розподілити величину вагових коефіцієнтів згідно з їх кількістю. Якщо дивитись на наш випадок, то $i = 3$, тоді

$$\sum_{i=1}^3 Z_i = 1$$

2. Розподіл величини вагових коефіцієнтів базується на їх достовірності. У випадку коли для

конкретної номенклатури більшу збіжність дає один з методів прогнозування, а інші – меншу, тоді для цього методу прогнозування величина вагового коефіцієнту повинна бути більшою

$$T_i = \frac{1 - \frac{|K_{\text{факт}} - K_i|}{K_{\text{факт}}}}{i} \Rightarrow Z_i = \frac{T_i}{\sum_{i=1}^3 T_i}$$

де $K_{\text{факт}}$ – фактичні дані з попередніх продаж (дана величина ґрунтується на сезонності продаж).

3. Пошук вагових коефіцієнтів ґрунтується на вирішенні задачі оптимізації методом лінійного програмування, а саме симплекс-метода [10].

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n Z_i = 1; \\ Z_1 K_1 + Z_2 K_2 + Z_3 K_3 = K_{\text{факт}}; \\ 1 \geq Z_1 \geq 0; \quad 1 \geq Z_2 \geq 0; \\ 1 \geq Z_3 \geq 0. \end{cases}$$

Таким чином, скориставшись описаною вище методикою можливо підвищити ефективність роботи будь-якого автомобільного підприємства.

Висновки. В роботі наведено методичні викладки, за допомогою яких можливо провести прогнозування закупівельної діяльності будь-якого автомобільно-транспортного підприємства.

Практичним шляхом показана робота найпопулярніших методів прогнозування: регресійного аналізу, ковзаючої середньої та експоненціального згладжування. Як показали прогнози значення при використанні регресійного аналізу на місяць похибка становить 17%. При використанні методів екстраполяції (ковзаючої середньої та експоненціального згладжування) при прогнозуванні на 3 місяці похибка склала 7,5% та 4,2%, відповідно.

Запропоновано використовувати комбінований метод прогнозування, який має можливість реалізовуватись за трьома підходами при визначенні вагових коефіцієнтів.

Список літератури

1. Дётев Г.В. Управление закупками товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: учебно-методическое пособие / Г.В. Дётев, И.П. Гладиллина, Н.А. Акимов, П.А. Банников. – Москва : Моск. гор. ун-т управления Правительства Москвы, 2013. – 120 с.
2. Сергеева С.А. Прогнозирование в управлении закупками для обеспечения государственных и муниципальных нужд / С.А. Сергеева // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 5. – С. 565 – 568.
3. Изосимов С.В. Методы прогнозирования и их применение в практике менеджмента / С.В. Изосимов, А.Л. Шевченко, В.Л. Шевченко // *Экономикс*. – 2014. – № 3. – С. 72 – 77.
4. Земитан Г. Методы прогнозирования финансового состояния организации URL: <http://www.kpilib.ru/article.php?page=84> (дата звернення: 27.10.2020).
5. Лысяк А.С. Методы прогнозирования временных рядов с большим алфавитом на основе универсальной меры и дерева принятия решений / А.С. Лысяк, Б.Я. Рябко // *Вычислительные технологии*. – 2014. – Т. 19. – № 2. – С. 76 – 93.
6. Poskitt D.S. The selection and use of linear and bilinear time series models / D.S. Poskitt, A.R. Tremayne // *Intern. J. of Forecasting*. 1986. Vol. 2, iss. 1. P. 101–114
7. Clements M.P. Forecasting economic and financial timeseries with non-linear models / M.P. Clements, P.H. Franses, N.R. Swanson // *Intern. J. of Forecasting*. 2004. Vol. 20, iss. 2. P. 169–183.

8. Palit A.K. Computational Intelligence in Time Series Forecasting: Theory and Engineering Applications / A.K. Palit, D. Popovic // *Advances in Industrial Control*. – New York: Springer-Verlag, 2005.
9. Samorodov V. Formation of a rational change in controlling continuously variable transmission at the stages of a tractor's acceleration and braking / V. Samorodov, A. Kozhushko, E. Pelipenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016. – № 4/7 (82). – P. 37 – 44. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.75402
10. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди – М.: Радиосвязь, 1988. – 128 с.

References (transliterated)

1. Dyogtev G.V., Gladilina I.P., Akimov N.A., Bannikov P.A. Upravlenie zakupkami tovarov, rabot, uslug dlya obespecheniya gosudarstvennykh i munitsipalnykh nuzhd: uchebno-metodicheskoe posobie [Procurement management of goods, works and services for state and municipal needs: a teaching aid]. Moscow: Mosk. mountains. University of Management of the Moscow Government, 2013, 120 p.
2. Sergeeva S.A. Prognozirovanie v upravlenii zakupkami dlya obespecheniya gosudarstvennykh i munitsipalnykh nuzhd [Forecasting in procurement management to meet state and municipal needs]. *Fundamentalnyie issledovaniya* [Basic research]. 2014, vol. 5, pp. 565 – 568.
3. Izosimov S.V., Shevchenko A.L., Shevchenko V.L. Metodyi prognozirovaniya i ih primenenie v praktike menedzhmenta [Forecasting methods and their application in management practice]. *Ekonomiks* [Economics], 2014, vol. 3, pp. 72 – 77.
4. Zemitan G. Metodyi prognozirovaniya finansovogo sostoyaniya organizatsii [Methods for predicting the financial condition of an organization]. URL: <http://www.kpilib.ru/article.php?page=84> (accessed: 27.10.2020).
5. Lyisyak A.S., Ryabko B.Ya. Metodyi prognozirovaniya vremennykh ryadov s bolshim alfavitom na osnove universalnoy меры i derevya prinyatiya resheniy [Large-alphabet time series forecasting methods based on universal measure and decision trees]. *Vyichislitelnyie tehnologii* [Computing technology], 2014, iss. 19, vol. 2, pp. 76 – 93.
6. Poskitt D.S., Tremayne A.R. The selection and use of linear and bilinear time series models. *Intern. J. of Forecasting*, 1986. iss. 1, vol. 2, pp. 101–114.
7. Clements M.P., Franses P.H., Swanson N.R. Forecasting economic and financial timeseries with non-linear models. *Intern. J. of Forecasting*, 2004, iss. 2, vol. 20, pp. 169 – 183.
8. Palit A.K., Popovic D. Computational Intelligence in Time Series Forecasting: Theory and Engineering Applications. *Advances in Industrial Control*. New York: Springer-Verlag, 2005.
9. Samorodov V., Kozhushko A., Pelipenko E. Formation of a rational change in controlling continuously variable transmission at the stages of a tractor's acceleration and braking. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, vol. 4/7 (82), pp. 37 – 44, DOI: 10.15587/1729-4061.2016.75402
10. Bandi B. Metodyi optimizatsii. Vvodnyiy kurs [Optimization methods. Introductory course]. *Moskva: Radiosvyaz* [Moscow: Radio communication], 1988, 128 p.

Надійшла (received) 13.04.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кожушко Андрій Павлович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри автомобіле- та тракторобудування, тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: Andreykozhushko7@gmail.com

Крюкова Тетяна Олександрівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри автомобіле- та тракторобудування, тел.: (057) 707 – 64 – 64; e-mail: tetiana.kriukova@gmail.com