

УДК 519.87:316.458.6

В.В. Бурцева

Метрологічний центр військових еталонів, Харків

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ НА МЕТРОЛОГІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНИХ РІВНЯНЬ

В статті запропонована модель прогнозування замовлень на метрологічне обслуговування військових засобів вимірювальної техніки зразків озброєння та військової техніки, яка заснована на використанні економетричної моделі як системи взаємозалежних рівнянь.

Ключові слова: математична модель прогнозування, метрологічне обслуговування, засоби вимірювальної техніки, замовлення на метрологічне обслуговування, озброєння та військова техніка.

Вступ

Постановка задачі. Для забезпечення своєчасного метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки необхідно вдосконалювати управління силами й засобами метрологічного забезпечення та здійснювати прогнозування стану. Ефективність реалізації управлінських рішень в оцінки потреби метрологічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки, які використовуються в метрологічних підрозділах Збройних Сил України, та їх розподілу залежить від точності та достовірності прогнозу названої потреби.

Це особливо важливо в сучасних умовах розвитку й реформування Збройних Сил України, які характеризуються [1–3] появою новітніх зразків озброєння та військової техніки, значним розвитком інформаційних технологій, зміною чисельності української армії, вирішення існуючих проблемних питань підготовки, застосування та всебічного забезпечення військ (сил). Метрологічне обслуговування військових засобів вимірювальної техніки зразків озброєння та військової техніки далеко не завжди можливо у повному обсязі у зв'язку зі збільшенням чисельності зразків озброєння та військової техніки й змінами їх якісного складу. Бойова готовність підрозділів військових частин багато в чому залежить від стану метрологічного забезпечення зразків озброєння та військової техніки [4]. Це все вимагає як розширення парку пересувних лабораторій вимірювальної техніки, так і суттєвого покращення якості заміни обладнання пересувних лабораторій.

Таким чином, наукове обґрунтування прогнозування потреби з метрологічного обслуговування військових засобів вимірювальної техніки зразків озброєння та військової техніки та визначення необхідної кількості військових метрологічних лабораторій виїзних мобільних груп шляхом розробки відповідних математичних моделей є актуальним науково-технічним завданням.

Аналіз літератури. В [5] розглянуті питання організації виробничої діяльності військових метрологічних лабораторій у Збройних Силах України. Питання прогнозування кількості обсягів метрологічного обслуговування військових засобів вимірювальної техніки на основі удосконалених багатофакторних та часових регресійних моделей викладені в [6–7]. Разом з тим, в цих роботах не враховувалися питання можливої взаємозалежності чинників, які впливають на обсяг замовлень на метрологічне обслуговування військових засобів вимірювальної техніки різних типів. Це означає, що розглянуті в [6–7] моделі не є повними: їх слід доповнити рівняннями, в котрих деякі ендогенні (залежні) змінні виступають в якості факторів, які впливають на інші ендогенні змінні. Таким чином, для здійснення прогнозу виникає необхідність у використанні системи одночасних або регресійних рівнянь [5].

Метою статті є обґрунтування моделей прогнозування кількості замовлень на обслуговування військових засобів вимірювальної техніки зразків озброєння та військової техніки на основі системи одночасних рівнянь.

Основний матеріал

При прогнозуванні метрологічного обслуговування військових засобів вимірювальної техніки зразків озброєння та військової техніки будемо виходити з того, що відома необхідна статична інформація в кількості замовлень на метрологічне обслуговування військових засобів вимірювальної техніки різних типів як в залежності від значень факторів, які впливають на цю кількість замовлень, так і в залежності від значень кількості замовлень на метрологічне обслуговування військових засобів вимірювальної техніки певних типів. У якості цих факторів будемо розглядати кількість зразків озброєння та військової техніки, які оснащені відповідними типами військових засобів вимірювальної техніки. В

цьому випадку будемо використовувати статичні методи прогнозування, які засновані на системах одночасних рівнянь.

Систему одночасних рівнянь прогнозування замовлень для метрологічного обслуговування військових засобів виміральної техніки розглянемо у вигляді:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \sum_{k \in N_1} \beta_{1k} \gamma_k + \alpha_{10} + \sum_{u \in M_1} \alpha_{1u} \chi_u + \varepsilon_1; \\ \gamma_2 &= \sum_{k \in N_2} \beta_{2k} \gamma_k + \alpha_{20} + \sum_{u \in M_2} \alpha_{2u} \chi_u + \varepsilon_2; \\ \gamma_j &= \sum_{k \in N_j} \beta_{jk} \gamma_k + \alpha_{j0} + \sum_{u \in M_j} \alpha_{ju} \chi_u + \varepsilon_j; \\ \gamma_m &= \sum_{k \in N_m} \beta_{mk} \gamma_k + \alpha_{m0} + \sum_{u \in M_m} \alpha_{mu} \chi_u + \varepsilon_m, \end{aligned} \quad (1)$$

де $\gamma_j; j = \overline{1, m}$ – випадкова залежна змінна, яка описує кількість замовлень на метрологічне обслуговування військових засобів виміральної техніки j -го типу;

m – кількість типів військових засобів виміральної техніки;

$\chi_{u-i}; u = \overline{1, n}$ – фактор або незалежна змінна, що впливає на значення залежних змінних та описує кількість зразків озброєння та військової техніки u -го виду;

n – кількість видів зразків озброєння та військової техніки;

$\beta_{jk}; \alpha_{jk}; j = \overline{1, m}; u = \overline{1, n}$ – параметри моделі;

$N_j; j = \overline{1, m}$ – множина типів військових засобів виміральної техніки, що впливають на кількість замовлень на військових засобів виміральної техніки j -го типу;

$M_j; j = \overline{1, m}$ – множина видів озброєння та військової техніки, що впливають на кількість замовлень на військових засобів виміральної техніки j -го типу;

$\varepsilon_j; j = \overline{1, m}$ – випадкова складова, яка описує вплив неврахованих та випадкових факторів на значення γ_j .

Система (1) отримала назву системи взаємозалежних рівнянь або структурної форми моделі – коли одні і ті ж змінні у одних рівняннях входять в ліву частину, а в других – в праву частину. Структурні коефіцієнти моделі (параметри моделі) не завжди можуть бути оцінені. Можливість їх оцінювання пов'язана з проблемою ідентифікації структурної форми моделі [8]. Ідентифікованість, неідентифікованість та надіентифікованість структурної форми моделі перевіряється за допомогою відповідних не-

обхідних та достатніх умов [8]. У випадку неідентифікованості структурної форми моделі вона повинна бути переглянута. Для оцінки структурних коефіцієнтів моделі (1) застосовують двокроковий метод найменших квадратів [9].

Висновки

1. В статті запропонована математична модель прогнозування замовлень на метрологічне обслуговування військових засобів виміральної техніки зразків озброєння та військової техніки на основі системи взаємозалежних рівнянь.

2. Отримана структурна форма моделі у кожному конкретному випадку повинна бути перевірена на ідентифікованість за допомогою відомих необхідних та додатніх умов. У випадку неідентифікованості структурна форма моделі повинна бути переглянута.

3. Для оцінювання структурних коефіцієнтів структурної форми моделі слід застосовувати двокроковий метод найменших квадратів.

Список літератури

1. Шамко Є.В. Основні особливості застосування Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби / Є.В. Шамко, О.М. Жарик, В.В. Коваль // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2017. – № 2(27). – С. 15-18.
2. Запара Д.М. Вибір та обґрунтування критерію оцінювання ефективності системи технічного забезпечення зенітних ракетних військ в сучасних умовах ведення збройної боротьби / Д.М. Запара, М.Б. Бровко, Г.М. Зубрицький // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2016. – № 2(23). – С. 114-116.
3. Звиглянич С.М. Система підтримки прийняття рішень на основі використання розвідувальних відомостей / С.М. Звиглянич, В.Б. Бзот, А.В. Антонов // *Системи обробки інформації*. – 2016. – № 7(144). – С. 83-85.
4. Кононов В.Б. Математичні моделі визначення кількості замовлень на гарантоване метрологічне обслуговування зразків озброєння та військової техніки з урахуванням їх важливості / В.Б. Кононов, В.В. Бурцева // *Системи обробки інформації*. – 2017. – № 1(147). – С. 88-92.
5. Кузнецов І.Б. Організація метрологічного забезпечення військ(сил). Ч. I.: навч. посіб. / І.Б. Кузнецов, П.М. Яблонський. – К.: НУОУ, 2009. – 356 с.
6. Шевяков Ю.І. Метод прогнозування кількості обсягів метрологічного обслуговування військових засобів виміральної техніки на основі удосконалених багатфакторних регресійних моделей / Ю.І. Шевяков // *Системи управління, зв'язку, навігації*. – Полтавський НТУ, 2016. – Вип. 3(39). – С. 114-117.
7. Шевяков Ю.І. Метод прогнозування потреби в метрологічному обслуговуванні засобів виміральної техніки на основі удосконалених часових регресійних моделей / Ю.І. Шевяков // *Системи управління, зв'язку, навігації*. – Полтавський НТУ, 2016. – Вип. 4(40). – С. 97-100.
8. Джонстон Дж. *Економетрические методы* / Дж. Джонстон. – М.: Статистика, 1980. – 444 с.
9. Кремер Н.Ш. *Эконометрика* / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко. – М.: ЮНИТИ - ДАНА, 2003. – 311 с.

Надійшла до редколегії 12.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.Б. Кононов,
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. І. Кожедуба, Харків.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАКАЗОВ
НА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЕННЫХ СРЕДСТВ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ВЗАИМОЗАВИСИМЫХ УРАВНЕНИЙ**

В.В. Бурцева

В статье предложена модель прогнозирования заказов на метрологическое обслуживание военных средств измерительной техники образцов вооружения и военной техники, которая основана на использовании эконометрической модели как системы взаимозависимых уравнений.

Ключевые слова: математическая модель прогнозирования, метрологическое обслуживание, средства измерительной техники, заказ на метрологическое обслуживание, вооружение и военная техника.

**MATHEMATICAL MODEL OF FORECASTING AN ORDER
AT METROLOGY MAINTENANCE
OF MILITARY MEASURING EQUIPMENTS BASED
ON SYSTEM OF INTERDEPENDENT EQUATIONS**

V. Burtseva

The offered model of prognostication of orders is on metrology service of military measuring equipments and samples of armament of military equipment is offered and founded on the use of an econometric model as a system of interdependent equations.

Keywords: mathematical model of prognostication, metrology service, facilities of measuring technique, of order on metrology service, armament and military technique.