

УДК 658.013.3

С.В.Цимбал

**Вінницький національний технічний університет
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТОКУ ВІДМОВ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ В УМОВАХ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

В роботі наведені три основні підходи до дослідження і опису потоку заявок на ремонт. Досліджено потік відмов автомобілів в умовах автотранспортного підприємства. Розроблено модель прогнозування потоку відмов транспортних засобів. Наведено чотири основних варіанти тактик управління розподілом заявок по ремонтних постах.

Ключові слова: потік відмов, транспортний засіб, прогноз, автотранспортне підприємство, несправність, модель.

Форм 6. Літ 10

С.В.Цымбал

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТОКА ОТКАЗОВ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ АВТОТРАНСПОРТНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ**

В работе приведены три основных подхода к исследованию и описанию потока заявок на ремонт. Исследован поток отказов автомобилей в условиях автотранспортного предприятия. Разработана модель прогнозирования потока отказов транспортных средств. Приведены четыре основных варианта тактик управления распределением заявок по ремонтным постам.

S.Tsymbal

**RESEARCH AND PROGNOSTICATION OF STREAM OF REFUSES OF
TRANSPORT VEHICLES ARE IN THE CONDITIONS OF MOTOR TRANSPORT
ENTERPRISE**

Three basic approaches over are in-process brought to research and description of stream of requests on repair. The level of efficiency that is characterized indexes is determined by the degree of organization of control system by the processes of liquidation of disrepairs of cars. The Unstationarity of receipt of previous dataflow finds out negative influence on organization of realization of repair works, on efficiency of operative management his activity. The stream of refuses of cars is investigational in the conditions of motor transport enterprise. It is necessary for any statistical analysis, that analysable information answered the requirements of authenticity, plenitude and homogeneity. The model of prognostication of stream of refuses of transport vehicles is worked out. For a study and prognostication of change of structure of works from permanent repair for in a medium-term prospect will apply the analysis of sentinel rows that contain a seasonal component the inspected busses. Application of the animated models conditioned that in some temporal rows of value of seasonal component shows a soba certain part of value of trend. The value of standard error allows to judge about quality of the got prognosis models on the whole. Four basic variants over are brought tactician of management distribution of requests on repair posts. A task consists in that at the existent material and labour resources of motor transport enterprise to provide organization and management realization of repair of cars in the conditions of market relations and free competition between motor transport enterprises due to the perfect use of previous information about the input stream of requirements.

Постановка проблеми

В сучасних умовах ринкових відносин, коли виникають підприємства різних форм власності, загострюється конкуренція на автомобільному ринку, розширюється надання послуг по обслуговуванню та ремонту рухомого складу, проблема найбільш ефективного функціонування підприємств з максимальним прибутковим ефектом полягає перш за все в удосконаленні самої організації проведення робіт по обслуговуванню і ремонту автомобілів. Рівень ефективності, що характеризується техніко-економічними показниками, визначається ступенем організації системи управління процесами ліквідації несправностей автомобілів.

Однак, в даний час формування різноманітних автотранспортних підприємств здійснюється без врахування впливу взаємозв'язку між потоком вимог та потужністю зони обслуговування заявок. Питання розвитку організації виробництва, обслуговування та ремонту рухомого складу та оптимізації часу обслуговування вирішується без взаємних зв'язків, що призводить до значних диспропорцій в розвитку виробничих потужностей по ділянках та зонах

©С.В.Цимбал

по утриманню рухомого складу в працездатному стані, та до зменшення ефективності роботи самих автотранспортних підприємств.

В зв'язку з поповненням автомобільного парку України автомобілями, що надходять з країн Західної Європи та значним урізноманітненням видів та марок транспорту, набуває росту проблема задоволення потреб в послугах автотранспортних підприємств.

Шляхами вирішення даної проблеми є підвищення ефективності діяльності діючих підприємств при оптимальному використанні трудових, матеріальних та вартісних витрат, організація нових автотранспортних підприємств, функціонування яких повинне забезпечити найбільшу ефективність роботи. Значні резерви ефективності обслуговування автомобілів закладені в організації та управлінні автотранспортними підприємствами. Раціональне використання наявного обладнання та оснастки вкрай необхідне при отриманні підприємством прибутку.

Нестационарність надходження попереднього інформаційного потоку виявляє негативний вплив на організацію проведення ремонтних робіт, на ефективність оперативного управління його діяльністю. Це призводить до утворення черг на обслуговування, втрати клієнтів через невиправдане завантаження постів, і, що найважливіше, призводить до простою ремонтних постів, обладнання, робітників, а також знижує якість робіт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як відомо, виникнення відмов і несправностей носить імовірнісний характер, що в свою чергу створює деякі складності з точки зору математичного моделювання. Дослідники використовують три основні підходи до дослідження і опису потоку заявок на ремонт, як для автотранспортних підприємств, так і для станцій технічного обслуговування.

Перший підхід – це звести потік заявок в часі до найпростішого (пуассонівського), тобто задовольняє умовам стаціонарності, ординарності і відсутності наслідків [1-3].

Другий підхід – представити частоту надходження заявок як безперервну випадкову величину. Тоді завдання отримання математичного опису процесу зводиться до визначення теоретичного закону розподілу, який найкращим чином описує дослідні дані. Потрібно відзначити, що такий підхід дозволяє досить легко і точно враховувати особливості потоку відмов і його стохастичний характер в кожному конкретному випадку. Втім, отриманий таким шляхом математичний опис має обмеження по застосуванню у складанні формалізованого опису роботи досить складних багатоеlementних систем. Це пов'язано з тим, що тут можливо їх моделювання лише за ретроспективний період, протягом якого відбувався збір статистичних даних. При цьому не можна врахувати чи змінюється в часі загальна кількість звернень в систему, що викликає необхідність проведення нових досліджень у разі будь-якої зміни закономірностей.

Третій підхід – звести імовірнісні процеси до детермінованих залежностей, отриманих на підставі вивчення дослідних даних за певний період. Даний спосіб найбільш трудомісткий, оскільки пов'язаний з обробкою великого обсягу вихідної інформації, проте він дозволяє легко адаптувати отримане математичний опис при зміні чисельності або структури парку, його старінні або оновленні.

Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування автотранспортного підприємства за рахунок раціонального використання виробничих потужностей і найбільш повного задоволення потреб клієнтів в обслуговуванні за результатами дослідження та прогнозування потоку відмов транспортних засобів.

Основні результати дослідження

Основним завданням даного статистичного дослідження є визначення об'єктивних закономірностей розвитку процесів, що протікають в зоні поточного ремонту в умовах комплексного пасажирського автотранспортного підприємства на основі вивчення динамічної інформації – вхідного потоку відмов автобусів. Часовий ряд – це послідовність значень досліджуваної величини, кожне значення якої містить в собі минуле для наступних станів. Моделі, побудовані на основі аналізу часових рядів, дозволяють застосовувати математико-статистичні методи для опису закономірностей функціонування реальних систем. Для отримання досить точних і надійних прогнозів необхідно детально вивчити даний стан явища або процесу [4]. Для будь-якого статистичного аналізу необхідно, щоб аналізована інформація

відповідала вимогам достовірності, повноти і однорідності [5]. У нашому випадку, стосовно до вхідного потоку відмов об'єднаємо для подальшого розгляду в групі роботи, схожі за використанням технологічного устаткування, трудомісткістю виконання, або кваліфікацією виконавців. У контексті виконуваної роботи, з урахуванням поданої вище типізацією постів поточного ремонту, найрозумніше використовувати стандартну класифікацію [6]:

- 1 - поточний ремонт і заміна двигунів;
- 2 - заміна та регулювання вузлів (дрібні зварювальні та слюсарно-механічні роботи, оббивні і кузовні роботи, що вимагають середньої кваліфікації виконавців);
- 3 - заміна агрегатів і вузлів трансмісії;
- 4 - заміна приладів електрообладнання;
- 5 - заміна та регулювання приладів системи живлення;
- 6 - заміна вузлів і деталей ходової частини;
- 7 - заміна та перестановка коліс;
- 8 - ремонт гальмівної системи;
- 9 - заміна та регулювання вузлів рульового керування, регулювання кутів встановлення коліс;
- 10 - заміна деталей кабіни і кузова;
- 11 - інші роботи, що виконуються на універсальних постах (до цієї групи віднесені заїзди, коли роботи з поточного ремонту проводяться по трьом і більше технологічно різнорідними системам автомобілів).

Крім того, для отримання більш детального опису розподілу частот тривалості простою в поточному ремонті визначаються диференційовано для кожної з досліджуваних марок автобусів.

На основі аналізу первинної документації підприємства за 2007-2012 роки отримано фактичну кількість ремонтних впливів за кожен місяць відповідно до зазначеної класифікації. Для вивчення та прогнозування зміни структури робіт з поточного ремонту по обстеженим автобусам в середньостроковій перспективі застосуємо аналіз часових рядів, що містять сезонну компоненту.

Розрахунки за даною методикою можуть бути проведені за адитивної і мультиплікаційної моделі [7,8]. Адитивна модель прогнозу має вигляд:

$$y_t^* = y_t + s_t + e_t \quad (1)$$

де y_t^* - прогнозовані значення часового ряду; y_t - середнє значення прогнозу (тренд); s_t - складова прогнозу, що відображає періодичні сезонні коливання; e_t - випадкова величина відхилення прогнозу, обумовленого стохастичним характером процесу.

Застосування мультиплікаційних моделей обумовлено тим, що в деяких тимчасових рядах значення сезонної компоненти являє собою певну частку трендового значення. Ці моделі можна представити формулою:

$$y_t^* = y_t \times I_s + e_t, \quad (2)$$

де I_s - коефіцієнт, що враховує сезонні коливання.

На практиці відрізнити адитивну модель від мультиплікативної можна за величиною сезонної варіації. Відомо, що адитивної моделі властива практично постійна сезонна варіація (незмінний парк автобусів), тоді як у мультиплікативної вона зростає або убуває (списання або поповнення парку), графічно це виражається в зміні амплітуди коливання сезонного чинника в ту чи іншу сторону. Методика включає в себе наступні етапи:

1. Визначення структури сезонних коливань і періоду цих коливань. При аналізі часових рядів поняття "сезон" у прогнозуванні застосуємо до будь-яких систематичним коливань. Наприклад, якщо мова йде про вивчення товарообігу протягом тижня під терміном "сезон" розуміється один день [4]. Оскільки в нашому випадку мова йде, насамперед, про істотну зміну кількості відмов і несправностей протягом року, то цілком резонно говорити про сезонної варіації вхідного потоку періодичністю 12 місяців.

2. Оцінка тренда, найкращим чином апроксимує фактичні дані. Для відображення основної тенденції розвитку явищ у часі чи моделі процесу застосовуються різні рівняння

(поліноми різних ступенів, експоненти, статечні функції, тощо), а також метод змінного середнього [7]. Для монотонно зростаючих (спадаючих) часових рядів найбільш переважно використання лінійного тренда виду $y(t) = a + bt$, як найбільш простого і зручного. У такому випадку параметри моделі прогнозування визначаються за допомогою перетворення, для чого необхідно мінімізувати функцію:

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^n (a + bt_i - y_i^2) \quad (3)$$

Прирівнюючи до нуля часткові похідні F_a і F_b , отримаємо формули для визначення параметрів моделі прогнозування [9,10]:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \sum_{i=1}^N (t_i)^2 - \sum_{i=1}^N t_i \sum_{i=1}^N t_i y_i}{N \sum_{i=1}^N (t_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N t_i \right)^2} \quad (4)$$

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^N t_i y_i - \sum_{i=1}^N t_i \sum_{i=1}^N y_i}{N \sum_{i=1}^N (t_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N t_i \right)^2} \quad (5)$$

3. Визначення сезонної складової. Для адитивної моделі вона визначається як різниця між фактичним місячним числом заїздів в ТР по даній системі автомобіля і розміром тренда, отриманим аналітично, а для мультиплікативних моделей - як відношення.

Передбачається, що сезонні коливання за повний цикл взаємно поглинаються. Для адитивної моделі це означає, що сума значень сезонної компоненти за 1 рік дорівнює нулю. Для мультиплікативної моделі сума значень по певних періодах дорівнює числу періодів у циклі.

4. Прогнозування на основі даних, з яких виключена сезонна складова. Слід мати на увазі, що мінімальна рекомендований співвідношення довжини перед прогнозного періоду та періоду прогнозу становить 3:1. У нашому розпорядженні є статистика відмов за попередні 72 місяці. Знайти прогноз на наступний рік можемо за формулами 1 і 2, припустивши, що загальні тенденції і сукупність чинників, що зумовлюють функціонування системи в ретроспективі, збережуться на період прогнозування.

5. Обчислення помилки моделі прогнозу. Похибка прогнозу можливо оцінити за середньоквадратичним відхиленням:

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i^p - y_i)^2}{k}} \quad (6)$$

де y_i^p - розрахункові значення спостережуваного ряду; y_i - відповідні фактичні значення; k - число ступенів свободи, яке визначається залежно від розміру вибірки N і числа параметрів моделі тренда z , $k = N - z$.

Значення стандартної помилки дозволяє судити про якість отриманих прогнозних моделей в цілому. Стандартна помилка становить до 10%, що цілком прийнятно для інженерних розрахунків.

Управлінські рішення по виробничій діяльності ремонтних постів автотранспортних підприємств будуть визначатися по потоку попередньої інформації за певний контрольний період. Тому обсяг інформаційного забезпечення буде мати дисперсію від 0 до його середнього значення, і пов'язані з цим непродуктивні витрати.

Скоротити кількість автомобілів, що отримали відмову, вимоги і зменшити простій ремонтних постів можна за умови раціонального управління розподілом заявок по постах в умовах нерівномірності надходження по обсягу і видах робіт, попередньої інформації в часі.

При цьому важливою умовою є максимально можлива відповідність між фактичною продуктивністю кожного окремого посту і призначенням технічної служби в результаті обробки попередньої інформації потоком заявок за інтервал часу Δt .

Якщо означити через $\rho(t)$ сумарну продуктивність ремонтних постів в певних умовах управління, а розрахункову оптимальну продуктивність зони ремонту при найбільш ефективній організації проведення ремонту через $P_{\text{опт}}(t)$, то теоретично можна уявити чотири основних варіанти тактик управління розподілом заявок по ремонтних постах.

Перший варіант управління передбачає орієнтацію виробничої діяльності ремонтної зони на характер і величину вхідного потоку вимог. Тому даний варіант будемо називати "пасивним". При проведенні тактики прийому послідовно кожної вимоги, що надходить, зона ремонту на первісному етапі повністю завантажується. Але в результаті доручення одному або декільком спеціалізованим постам невідповідних видів робіт продуктивність постів і інтенсивність обслуговування вимог різко знижується. Це явище призведе до неритмічної роботи ремонтного посту, втрати значної частки вимог, веде до збільшення широти спеціалізації ремонтних постів.

Другий варіант - "активний", передбачає творчий вибір потоку вимог, який задовольнить найбільш повну реалізацію своїх потужностей спеціалізованими ремонтними постами, що дає в цих умовах максимальну продуктивність. Продуктивність постів досягає свого оптимального значення, розрахованого на ефективну організацію проведення робіт.

Вхідний потік вимог трохи менший або майже відповідає тому потоку, що може обслуговувати ремонтна зона автотранспортного підприємства.

Третій варіант - "комплексний". Дослідний варіант управління роботою постів поєднує дві протилежні тактики, або такі, що доповнюють одна іншу. По-іншому, варіант передбачає доцільність врахування вхідного потоку вимог і разом з тим концентрацію уваги на використанні продуктивності ремонтними постами. Управління в цих умовах вкрай неординарне, що дає досить високий рівень складності, а також викликає багато інших чинників, що впливають на ефективність організації проведення ремонту на автотранспортних підприємствах.

Четвертий варіант управління, що має досить широке розповсюдження в дрібних автомаїстернях, не включає координаційного органу, керуючого організацією проведення відновних робіт, що негативно. "Нейтральний" варіант управління не проводить цілеспрямовану діяльність ані по вхідному потоку вимог, ані по реалізації максимальної продуктивності ремонтних постів, або ж автотранспортне підприємство функціонує саме по собі без проведення будь-якої тактики в управлінні.

Тому завдання полягає в тому, щоб при існуючих матеріальних і трудових ресурсах автотранспортного підприємства забезпечити організацію і управління проведенням ремонту автомобілів в умовах ринкових відношень і вільної конкуренції між автотранспортними підприємствами за рахунок досконалого використання попередньої інформації про вхідний потік вимог.

Висновки

В результаті проведеного дослідження часових рядів встановлено закономірності формування потоку вимог на проведення поточного ремонту, а також визначені параметри детермінованих математичних моделей надходження відмов і несправностей в часі. Потік відмов міських автобусів володіє вираженою сезонністю, що обумовлено змінами погодних умов і режиму експлуатації протягом року.

Що стосується сезонних варіацій, то тут також простежуються цілком певні закономірності. З отриманих результатів видно, що потік відмов автобусів по всіх системах володіє вираженою сезонністю, що обумовлено змінами погодних умов і режиму експлуатації протягом року. У холодну пору року спостерігається стабільне збільшення числа звернень до поточного ремонту за наступними системам: двигун, електроустаткування і різні агрегати і вузли. Це пов'язано зі зміною природно-кліматичних факторів, насамперед, температури і відносної вологості повітря. У літній період значно частіше виходять з ладу агрегати трансмісії, елементи ходової частини, гальмівне і рульове управління, а також зростає частота «складних»

заїздів і заявок на шиномонтажні роботи. Також у весняно-літній період ростуть виробничі програми з кузовних робіт. Така ситуація обумовлена збільшенням інтенсивності експлуатації автобусів і обсягів перевезень пасажирів у літній період.

У результаті дослідження складено прогноз потоку звернень в ремонт автобусів, що робить можливим проведення оптимізаційних заходів виробничо-технічної служби підприємства на основі імітаційного моделювання.

1. Андронов А. М. Теорія ймовірностей і математична статистика: підручник для вузів / А.М. Андронов, Є.А. Копитов, Л.Я. Грінглаз. - СПб.: Пітер, 2004. - 461 с.
2. Гмурман В. Є. Керівництво щодо вирішення завдань з теорії ймовірностей і математичної статистики / В.Є. Гмурман. - М.: Вища школа, 2005. - 404 с.
3. Гмурман В. Є. Теорія ймовірностей і математична статистка : навч. посібник для вузів / В.Є. Гмурман. - М.: Вища школа, 2005. - 479 с.
4. Садовникова Н.А. Аналіз часових рядів і прогнозування / Н.А. Садовникова, Р.А. Шмойловой. - М.: Московський державний університет економіки, статистики та інформатики, 2001. - 67 с.
5. Гурвич І.Б. Експлуатаційна надійність автомобільних двигунів / І.Б. Гурвич, П.Е. Сиркин. - М.: Транспорт, 1984. - 141 с.
6. ОНТП 01-91 Загальносоюзні норми технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту. - М.: Гіпроавтотранс РРФСР, 1992. - 92 с.
7. Лукінский В. С. Моделі та методи теорії логістики / В. С. Лукінский, В.В. Лукінский, Ю.В. Малевич / За ред. В.С. Лукінський. - СПб: Пітер. - 2008 - 448 с.
8. Четиркін Є. М. Статистичні методи прогнозування / Є.М. Четиркін. - М.: Статистика, 1975. - 184 с.
9. Дмитрієв О. А. Міжміські автобусні перевезення / О.А. Дмитрієв. - М.: Транспорт, 1982. - 216 с.
10. Ферстер Е. Методи кореляційного і регресійного аналізу: керівництво для економістів / Е. Ферстер, Б. Ренц. - М.: Фінанси і статистика, 1983. - 303 с.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2014