

УДК 629.113.004.05

Є.Ю. Форнальчик<sup>1</sup>, Р.Г. Будяну<sup>2</sup><sup>1</sup>Національний університет "Львівська політехніка", Львів<sup>2</sup>Львівський інститут Сухопутних військ Національного університету "Львівська політехніка", Львів

## ОБГРУНТУВАННЯ ПОЧАТКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ДО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Аналізом результатів попередніх досліджень встановлені числові характеристики та закономірності розподілів основних параметрів, які характеризують організаційно-технологічну взаємодію між сферою експлуатації ВАТ та її обслуговуванням і ремонтом. Запропоновані схема такої взаємодії та методичний підхід до визначення оптимальної періодичності діагностування ВАТ у циклах технічних обслуговувань.*

**Ключові слова:** експлуатаційна надійність, технічне обслуговування, імітаційне моделювання.

### Вступ

**Актуальність та постановка проблеми.** У Збройних Силах (ЗС) України військова автомобільна техніка (ВАТ) є одним із основних засобів транспорту. Вона широко застосовується в усіх елементах порядків (як бойових, так і не бойових), зокрема і як шасі під монтаж комплексів озброєння і військової техніки. Тому від рівня готовності ВАТ залежить не тільки висока оперативна і тактична рухливість підрозділів і частин, але й рівень бойової готовності військ в цілому.

Підтримання та відновлення справного і працездатного стану ВАТ під час її експлуатації забезпечується чинною системою технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). Технічний стан парку ВАТ повинен характеризуватися нормативними значеннями показників експлуатаційної надійності. Однак з кожним роком техніка старіє і, як наслідок, потребує дедалі більших матеріальних, трудових та фінансових витрат на підтримання належного рівня її готовності. В сучасних складних економічних умовах існують труднощі з оновленням автомобільного парку сучасними зразками ВАТ і забезпеченням його запасними частинами та експлуатаційними матеріалами. За цих умов першочерговим має стати вдосконалення чинної системи ТО і Р. Про це, зокрема, наголошено у положеннях "Державної програми реформування та розвитку ЗС України на 2006-2011 роки" та "Державної програми розвитку озброєння і військової техніки на період до 2015 року". У цих документах передбачається подовження термінів експлуатації існуючих (в тому числі застарілих) озброєння та військової техніки методами модернізації і гарантованого ТО і Р.

**Аналіз попередніх досліджень і публікацій.** Виконаний аналіз чинної планово-попереджувальної системи ТО і Р ВАТ показав, що вона не задовольняє вимоги з підтримання належного рівня її готов-

ності, не повністю враховує структурну перебудову ЗС [1, 2]. У зв'язку з цим актуалізується потреба її (системи) вдосконалення. У публікаціях [3, 4,] та інших, розглядаються різні аспекти вдосконалення системи ТО і Р, проте не досліджені питання комплексних взаємозв'язків між експлуатаційною сферою (ВАТ у рейсі) та ремонтно-обслуговувальною базою, між надійністю різномарочних автомобілів, їх віковою характеристикою і умовами та режимами використання, рівнем розвитку цієї бази. Власне це у сукупності визначило основний напрям удосконалення системи ТО і Р з метою підвищення та забезпечення на нормативному рівні показників експлуатаційної надійності ВАТ.

Практична суть його полягає у розробленні відповідних інженерно-технічних заходів (з урахуванням особливостей експлуатації ВАТ), які повинні покращити (але докорінно не змінювати) існуючу систему ТО і Р, не вимагаючи значних матеріальних та фінансових затрат.

У сучасних умовах, обґрунтування основних параметрів функціонування системи ТО і Р ВАТ повинно здійснюватись, як показує досвід аналогічних наукових досліджень у галузі автомобільного транспорту господарського комплексу, на основі імітаційного моделювання організаційно-технологічних взаємозв'язків між експлуатаційною та ремонтно-обслуговувальною сферами.

**Формулювання мети статті.** Метою цієї роботи є формування структурно-логічної схеми організаційно-технологічної взаємодії між експлуатаційною та ремонтно-обслуговувальною сферами ВАТ з обґрунтуванням її основних параметрів, які у подальшому використовуватимуться як початкові дані для імітаційного моделювання системи ТО і Р ВАТ.

### Основна частина

З урахуванням переліченого виконані раніше наукові дослідження стосувалися оцінки фактичних

рівнів як розвитку чинної системи ТО і Р ВАТ, так і експлуатаційної надійності її [5 – 7]. У роботах опрацьовані фактичні, документально зареєстровані, дані про відмови ВАТ за 2007 рік. Первинні дані збирались у трьох військових частинах Сухопутних військ міст Львова, Чернівців та Яворова (у табл. 2 вони позначені відповідними літерами а, б, с) по основних трьох марках вантажних автомобілів Урал, ЗиЛ та ГАЗ.

Слід зазначити, що умови експлуатації ВАТ, їх технічні характеристики та рівень розвитку виробничо-технічних баз (ВТБ) з ТО і Р у всіх частинах однакові.

В результаті опрацювання зібраних статистик отримано [6] числові характеристики розподілів пробігів ВАТ на відмови (табл. 1) та інтервалів між відмовами (табл. 2), узгоджено їх з відповідними теоретичними законами. Цими характеристиками оцінюються рівні експлуатаційної надійності, в даному разі вантажних автомобілів загальновійськового призначення (ВАЗП), які відносяться до групи автомобілів інтенсивної експлуатації. Дослідження виконувалися за марками автомобілів карбюраторної (ГАЗ-66 та ЗиЛ-131) та дизельної (Урал-4320 та КамАЗ-4310) груп (далі використано скорочені позначення ГАЗ, ЗиЛ, Урал та КамАЗ).

Таблиця 1

Зведені числові характеристики розподілів пробігів ВАЗП на відмови в інтервалах ТО-1 та ТО-2 та їх закономірності

| Назва характеристик                                   | в інтервалах виконання ТО-1 |                 |       |       | в інтервалах виконання ТО-2 |                 |       |       |
|---|-----------------------------|-----------------|-------|-------|-----------------------------|-----------------|-------|-------|
|   | усіх ВАЗП разом             | за марками ВАЗП |       |       | усіх ВАЗП разом             | за марками ВАЗП |       |       |
|   |                             | Урал            | ЗиЛ   | ГАЗ   |                             | Урал            | ЗиЛ   | ГАЗ   |
| Математичне сподівання, $\bar{L}$ , (тис.км)          | 0,72                        | 0,75            | 0,56  | 0,79  | 3,55                        | 3,54            | 3,58  | 3,90  |
| Середньоквадратичне відхилення, $\sigma_L$ , (тис.км) | 0,44                        | 0,46            | 0,34  | 0,43  | 1,77                        | 1,82            | 1,64  | 1,81  |
| Коефіцієнт варіації, $\vartheta_L$ , %                | 60,6                        | 61,87           | 60,9  | 53,4  | 49,6                        | 51,3            | 45,9  | 46,3  |
| Теоретичний закон розподілу F(L)                      | норм.                       | норм.           | норм. | норм. | норм.                       | норм.           | норм. | норм. |
| Ймовірність узгодження із законом $P(\chi^2)$         | 0,865                       | 0,971           | 0,558 | 0,740 | 0,936                       | 0,923           | 0,768 | 0,892 |

Таблиця 2

Зведені числові характеристики розподілів інтервалів між відмовами ВАЗП та їх закономірності

| Назва характеристик                                | усіх ВАЗП |       |        | агрегатів ВАЗП, які впливають на безпеку руху |        |       | агрегатів ВАЗП, які не впливають на безпеку руху |       |        |
|--|-----------|-------|--------|---|--------|-------|--|-------|--------|
|  | а         | в     | с      | а   | в      | с     | а  | в     | с      |
| Математичне сподівання, $\bar{D}$ , (дн.)          | 3,36      | 4,12  | 4,21   | 5,12  | 7,14   | 9,58  | 8,83   | 8,84  | 7,53   |
| Середньоквадратичне відхилення, $\sigma_D$ , (дн.) | 4,21      | 3,63  | 4,57   | 6,16  | 8,19   | 8,97  | 8,14   | 8,14  | 8,27   |
| Коефіцієнт варіації, $\vartheta_D$ , %             | 79,81     | 80,09 | 101,43 | 120,31  | 114,71 | 93,63 | 92,19  | 92,08 | 109,83 |
| Теоретичний закон розподілу F(D)                   | експ.     | експ. | експ.  | експ.   | експ.  | експ. | експ.  | експ. | експ.  |
| Ймовірність узгодження із законом $P(\chi^2)$      | 0,734     | 0,679 | 0,719  | 0,649   | 0,615  | 0,786 | 0,624  | 0,521 | 0,835  |

На сучасному етапі реорганізації та розвитку ЗС України в цілому, важливо обґрунтовано (в тому числі, зважаючи і на закордонний досвід) сформувавши відповідних розмірів та структури ремонтно-відновні підрозділи ВАТ.

Важливими показниками для оцінювання рівня розвитку чинної ВТБ для ТО і Р існуючого парку ВАТ є фактичні значення тривалостей та трудомісткостей виконання операцій ТО і Р [7]. Результати порівняння їх з нормативними характеризуватимуть

як рівень розвитку ВТБ, так і досконалість організації технологічних процесів.

У результаті відповідних досліджень отримано числові характеристики, закономірності розподілу трудомісткостей усунення відмов агрегатів, систем та механізмів ВАЗП, які впливають на безпеку руху (кермове керування, гальмова система, світлова сигналізація, система контролю тиску повітря у шинах) та які не впливають на безпеку руху (усі решта), у ВТБ військових частин (табл. 3, рис. 1).

Таблиця 3

Зведені числові характеристики розподілів трудомісткості усунення відмов агрегатів ВАЗП у військових частинах та їх закономірності

| Назва характеристик                                    | агрегатів ВАЗП |                           |                              |
|--|----------------|---------------------------|------------------------------|
|  | разом          | впливають на безпеку руху | не впливають на безпеку руху |
| Математичне сподівання, $\bar{T}_{пр.в}$ , люд.-год.   | 2,64           | 1,54                      | 3,18                         |
| Середньоквадратичне відхилення, $\sigma_T$ , люд.-год. | 2,24           | 1,91                      | 3,17                         |
| Коефіцієнт варіації, $\vartheta_T$ , %.                | 84,85          | 124,04                    | 99,69                        |
| Теоретичний закон розподілу $F(T)$                     | експ.          | експ.                     | експ.                        |
| Ймовірність узгодження із законом $P(\chi^2)$          | 0,757          | 0,814                     | 0,766                        |

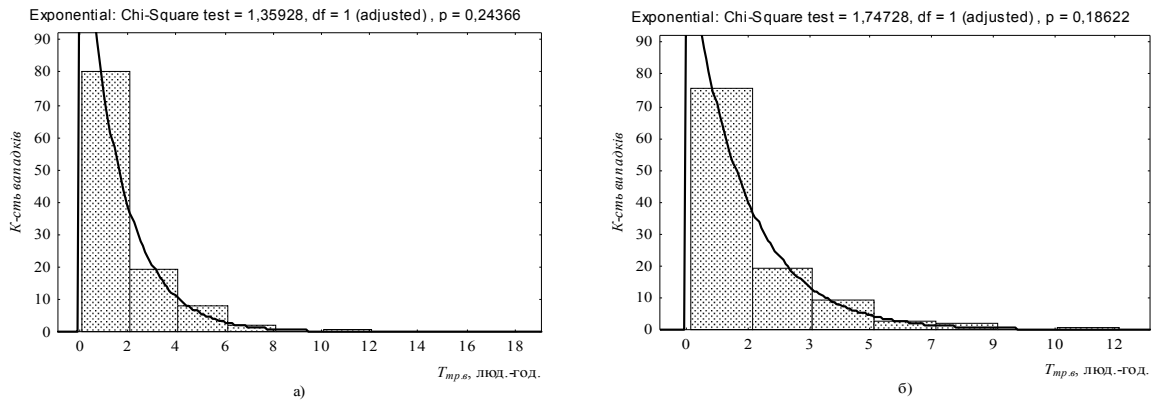


Рис. 1. Гістограма та теоретична крива розподілу трудомісткості усунення відмов ВАЗП у військових частинах : а – агрегатів разом; б – агрегатів, які впливають на безпеку руху

Крім цього, досліджувались розподіли тривалості операцій профілактичного обслуговування (ТО-1, ТО-2) ВАЗП у військах (табл. 4, рис. 2).

Таблиця 4

Зведені числові характеристики розподілів тривалості профілактичних обслуговувань ВАЗП

| Назва характеристик                               | вид ТО |       |
|---|--------|-------|
|   | ТО-1   | ТО-2  |
| Математичне сподівання, $\bar{T}$ , год.          | 4,47   | 6,18  |
| Середньоквадратичне відхилення, $\sigma_T$ , год. | 1,67   | 1,36  |
| Коефіцієнт варіації, $\vartheta_T$ , %.           | 37,36  | 22,01 |
| Теоретичний закон розподілу $F(T)$                | норм.  | норм. |
| Ймовірність узгодження із законом $P(\chi^2)$     | 0,751  | 0,869 |

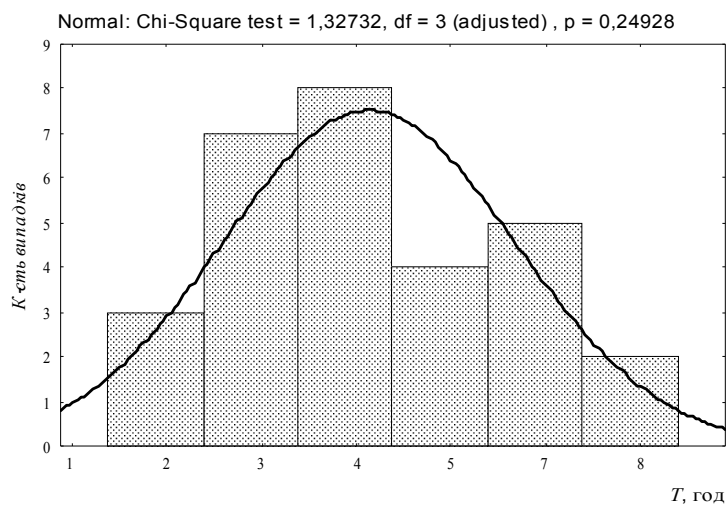


Рис. 2. Гістограма та теоретична крива розподілу тривалості операцій ТО-1 ВАЗП, які виконуються у військових частинах

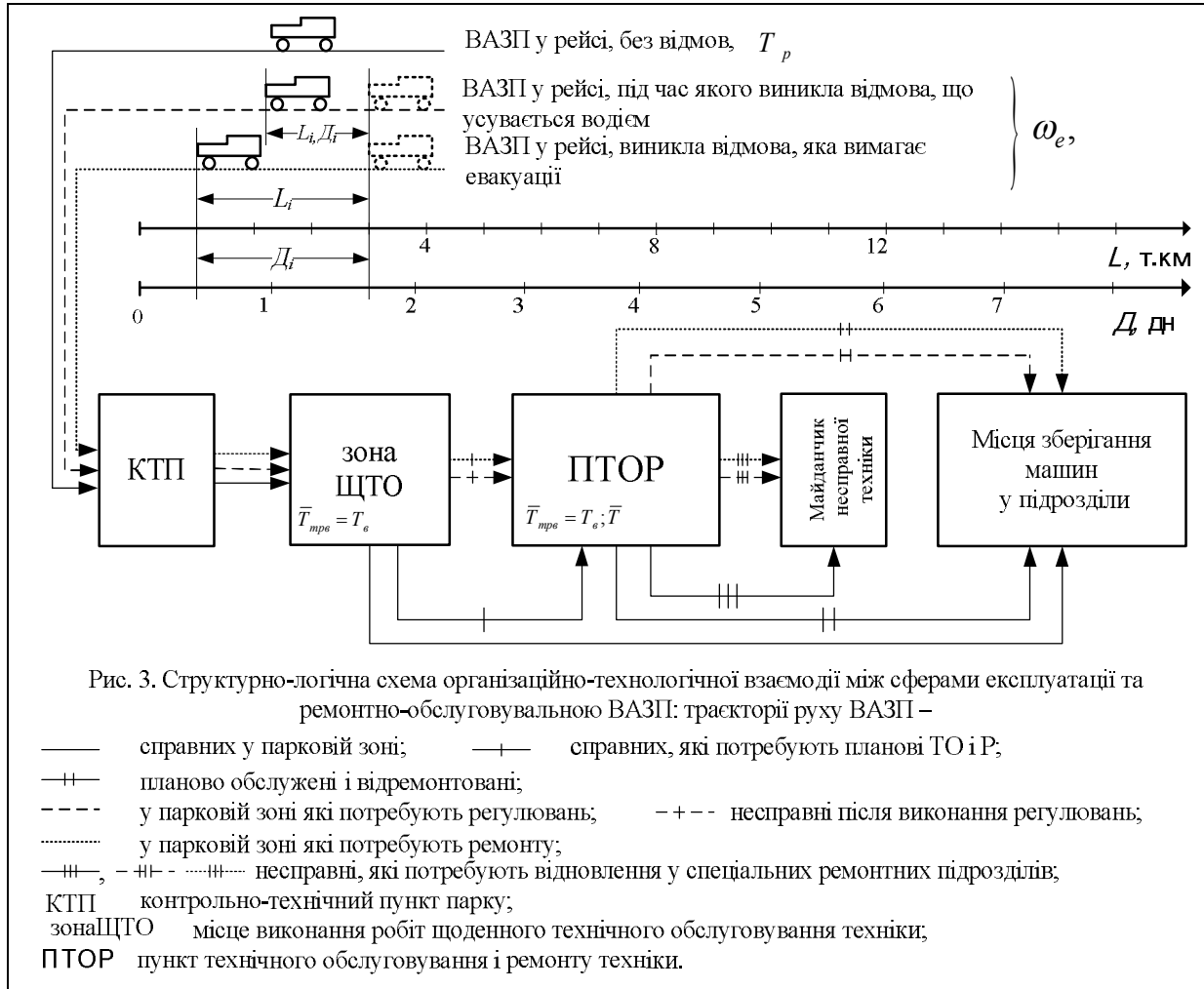
Отримані результати вказують на незначні розкиди пробігів ВАЗП на відмови ( $\sigma_L = 0,44-1,81$  тис.км.) і високу узгодженість їх розподілів з нормальним законом ( $P(\chi^2) = 0,558-0,971$ ).

Це ж саме можна сказати і про розподіли тривалості виконання профілактичних обслуговувань ВАЗП (табл. 4). Такі результати не характерні для розподілів інтервалів між відмовами та трудомісткостей усунення відмов ВАЗП, які підпорядкову-

ються експоненційному закону (табл. 2, 3).

Усі наведені результати виступають основними параметрами, що характеризують досягнений рівень організаційно-технологічної взаємодії між сферами експлуатації ВАТ та ТО і Р.

Цю взаємодію, перед тим, як приступити до складання алгоритму і програми моделювання її, потрібно представити графічною структурно-логічною схемою (рис. 3).



Оскільки, як ми зауважили на початку статті, вдосконалення чинної системи ТО і Р не повинно зумовлювати значні затрати, нами обрано (за аналогією із закордонними системами) цілком доступний і виправданий метод вдосконалення – через запровадження додаткових діагностувань технічного стану ВАЗП у циклах ТО-1 та ТО-2 з обґрунтованими періодичностями.

Під оптимальною періодичністю діагностування розуміється періодичність, яка забезпечує високу надійність машини за мінімальних питомих витрат на виконання періодичних ТО, а також поточних ремонтів [8].

$$I_{\text{діаг}} = \frac{K_{\Gamma} - P(1)}{K_{\Gamma} \omega_e}, \quad (1)$$

де  $I_{\text{діаг}}$  – періодичність діагностування, км;

$K_{\Gamma}$  – коефіцієнт, який характеризує виробничі можливості з відновлення працездатності машин;

$P(1)$  – імовірність того, що до визначеного пробігу машина буде знаходитись у справному стані впродовж до наступного діагностування;

$\omega_e$  – параметр потоку відмов, який визначається для реальних умов експлуатації.

Коефіцієнт  $K_{\Gamma}$ , який ще можна інтерпретувати як досягнений для сучасних умов розвитку ВТБ коефіцієнт готовності ВАЗП  $K_{\Gamma,д}$ , визначається за формулою:

$$K_{\Gamma,д} = \frac{T_p}{T_p + T_B}, \quad (2)$$

де  $T_p$  – нормативна тривалість перебування ВАЗП у рейсі;

$T_v$  – тривалість усунення відмов агрегатів ВАЗП, рівна трудомісткості  $T_{trv}$  (табл. 3), оскільки вона виконується одним виконавцем.

Імовірність  $P(1)$  задається. У цьому дослідженні для агрегатів ВАЗП, які визначають безпеку руху,  $P(1)$  потрібно брати у межах 0,95-0,99, для інших  $P(1)=0,85-0,95$ .

Параметр потоку відмов ВАЗП  $\omega_e$  вибирається у межах зміни інтервалів між їх відмовами  $\bar{D}$  (табл. 2), як обернена до них величина,  $\omega_e = 1/\bar{D}$ .

### Висновок

Викладене становить основу початкової бази даних у розробленні алгоритму та програми моделювання системи ТО і Р ВАТ з метою визначення показників функціонування її оптимізованого варіанта.

### Список літератури

1. Кравець І.А. *Можливі напрямки удосконалення системи технічного обслуговування об'єктів озброєння та військової техніки* / І.А. Кравець, А.М. Терещенко, Н.К. Багдасарян, В.О. Шапкеєв // *Збірник наукових праць*. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2008. – Вип. 19. – С. 72-75.
2. Романченко І.С. *Погляди на розвиток системи матеріально-технічного забезпечення Збройних Сил*

України / І.С. Романченко, В.О. Шуєнкін // *Наука і оборона*. – 2007. – №4. – С. 22-27.

3. Левківський О.П. *Стратегія розвитку авторемонтного виробництва в період глобальних трансформацій* / О.П. Левківський, О.М. Козіс // *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. – К.: НТУ, 2002. – № 2. – С. 68-71.

4. Варфоломеев В.Н. *Совершенствование системы поддержания автомобилей в работоспособном состоянии* / В.Н. Варфоломеев, Н.А. Волошина // *Автомобильный транспорт*. – Х.: ХНАДУ, 2005. – № 16. – С. 5-18.

5. Будяну Р.Г. *Аналіз експлуатаційної надійності військових автомобілів та роботи ремонтно-відновних підрозділів* / Р.Г. Будяну, О.А. Сорва, Ю.В. Ольшєвський, Л.М. Типова // *Зб. наук. праць. Труды академії*. – К., 2008. – № 82. – С. 220-225.

6. Формальчик Є.Ю. *Аналіз показників безвідмовності військової автомобільної техніки* / Є.Ю. Формальчик, Р.Г. Будяну // *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М.Остроградського / Технічні науки*. – 2008. – №5(52), част. 2. – С. 128-123.

7. Будяну Р.Г. *Аналіз тривалості та трудомісткості технічного обслуговування і ремонту військової автомобільної техніки* / Р.Г. Будяну // *Управління проектами, системний аналіз і логістика / Технічні науки*. – К.: НТУ, 2009. – № 6 – С. 57-61.

8. *Експлуатація армейських машин: учебник* / под ред. А.Т. Смирнова. – М.: Воениздат, 1978. – 430 с.

Надійшла до редколегії 11.06.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Фомено, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Э.Ю. Формальчик, Р.Г. Будяну

Анализом результатов предварительных исследований установлены числовые характеристики и закономерности распределения основных параметров, которые характеризуют организационно-технологическое взаимодействие между сферами эксплуатации ВАТ, ее обслуживания и ремонта. Предложена схема такого взаимодействия и методический подход для определения оптимальной периодичности диагностирования ВАТ в циклах технических обслуживаний.

**Ключевые слова:** эксплуатационная надежность, техническое состояние, имитационное моделирование.

### MOTIVATION OF INITIAL PARAMETERS TO THE IMITATION DESIGN OF THE SYSTEM TECHNICAL SERVICE AND REPAIR OF MILITARY MOTOR-CAR TECHNIQUE

Ye.Yu. Fornalchyk, R.G. Budeanu

The results of analysis of previous researches are numerical descriptions and regularities of basic parameters divisions which characterize organizational technological co-operation between the sphere of exploitation of MV and their service and repair. The chart of such co-operation and methodical approach to determination of optimum periodicity of diagnosing of MV in the loops of technical services are offered.

**Keywords:** operating reliability, technical condition, imitation design.