ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕТРА НА ПОЛЕТ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ ОПЕРЕННЫХ И ВРАЩАЮЩИХСЯ РЕАКТИВНЫХ СНАРЯДОВ

В. И. Макеев, В. И. Грабчак, П. Е. Трофименко, Ю. И. Пушкарев

В статье исследуется влияние постоянного бокового и продольного ветра на активном участке траектории, а также влияние перекрестного ветра на полет неуправляемых оперенных реактивных снарядов. Рассматриваются особенности влияния постоянного ветра на полет турбореактивного снаряда на активном участке траектории. Предложены математические зависимости, позволяющие отдельно учесть боковое и продольное, прямое и перекрестное влияние ветра на активном участке траектории, полета неуправляемых оперенных и вращающихся реактивных снарядов, а также учесть влияние ветра на пассивном участке траектории их полета.

***Ключевые слова**: активный и пассивный участок траектории, оперенные и вращающиеся реактивные снаряды, аэродинамические силы и моменты, боковой и продольный, прямой и перекрестный ветер.*

RESEARCH OF INFLUENCING OF WIND ON FLIGHT OF THE NON-CONTROLLED WINGED JET PROJECTILES AND REVOLVING JET PROJECTILES

V. I. Makeyev, V. I. Grabchak, P. E. Trophimenko, Y. I. Pushkaryov

The influence of permanent lateral and longitudinal wind on the active area of trajectory is explored in the article, and cross wind influence on flight of the non-controlled winged jet projectiles. The features of influence of permanent wind on flight of turbojet projectiles on the active area of trajectory are examined. There are offered mathematical dependences which allow to consider separately lateral and longitudinal, direct and cross influence of wind on the active area of trajectory of flight of the non- controlled winged projectiles and revolving projectiles, and also to consider influence of wind on the passive area of trajectory of their flight.

***Keywords:** active and passive area of trajectories, winged jet projectiles and revolving jet projectiles, aerodynamic forces and moments, lateral and longitudinal wind, direct and cross wind.*

УДК 621.317

С. В. Герасимов, А. О. Подорожняк, Ю. Б. Прібилєв

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИБОРУ КОНТРОЛЬОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ РУХОМОЇ ПУСКОВОЇ УСТАНОВКИ

У статті розглядається спосіб підвищення ефективності використання, підвищення живучості ракетного озброєння за рахунок удосконалення системи технічного контролю та діагностування рухомих пускових установок. Запропоновані три способи підвищення контролепридатності автомобільного тягача – бази рухомої пускової установки. Розроблена методика вибору контрольованих параметрів автомобільного тягача, яка враховує особливості запропонованих способів підвищення контролепридатності. Сформульовані задачі оптимізації витрат при контролі та діагностуванні автомобільного тягача, які є основою методики.

***Ключові слова**: контрольовані параметри, контролепридатність, система технічного контролю та діагностування.*

Вступ

Постановка проблеми. Ведення бойових дій із застосуванням сучасної зброї вимагає швидкого маневрування військ, їх швидкого зосередження, перегрупування для успішного проведення операцій, тому удосконалення системи технічного забезпечення рухомої пускової установки (РПУ) для ракетних, зенітних ракетних комплексів є актуальною задачею [1]. Основною особливістю рухомого (мобільного) ракетного комплексу є те, що місце пуску ракети може бути змінено у визначених межах. У зв'язку з цим виникає можливість створення для супротивника невизначеності в знанні місця розташування пускових установок із ракетами на момент завдання ним удару по району базування РПУ і забезпечення тим самим умов для підвищення скритості комплексів.

Аналіз літератури. Аналіз літератури показав, що перспективним напрямком створення РПУ є створення пускових установок на базі автомобільного тягача [2, 3].

Технічне обслуговування (ТО) та діагностування автомобільного тягача та його окремих агрегатів спрямовано в цілому на вирішення одного чи декількох завдань: на визначення технічного стану (справний чи несправний), пошук і локалізацію місця відмовлення чи несправності; на прогнозування залишкового ресурсу імовірності

безвідмовної роботи на інтервалах наробітку, що задаються, або пробігу.

Підвищити коефіцієнт готовності автомобільного парку можна за рахунок збільшення обсягу контрольно-діагностичних робіт під час ТО і ремонту. Для багатьох автомобілів він перевищує 25–30 % загального обсягу робіт із ТО і ремонту. Як правило, час, який витрачається на проведення вимірювання параметрів, що дозволяють визначити технічний стан, у середньому дорівнює 5–10 % загального часу діагностування, інші 90–95 % доводиться на установку і зняття датчиків, на вибір потрібного режиму роботи автомобіля й обробку результатів діагностування [3–5]. Це вказує на великий резерв у частині зниження трудомісткості ТО і ремонту автомобілів, що у першу чергу може бути реалізований підвищенням контролепридатності (пристосованості автомобільного тягача до діагностування).

Мета статті полягає в розробці методики вибору контрольованих параметрів рухомої пускової установки для ракетних і зенітних ракетних комплексів.

Основний матеріал

Контролепридатність автомобільного тягача та його агрегатів забезпечується на стадіях розробки і виготовлення дотриманням вимог до технічного діагностування в частині конструктивного виконання виробів, параметрів і методів діагностування, показників оцінки контролепридатності об'єкта [6].

Контролепридатність автомобілів може бути підвищена одним із наступних способів:

а) за рахунок зручного і простого підключення датчиків до автомобіля, вибором найбільш ефективних методів діагностування і контролю, забезпеченням автомобіля універсальними, спеціально передбаченими приєднувальними роз'ємами, штуцерами, заглушками і т.д.;

б) введенням у конструкцію автомобіля вбудованих датчиків, до виводів яких на період діагностування можна підключати зовнішні засоби вимірювання та діагностування;

в) комплектуванням автомобілів бортовими системами контролю, що видають водію у будь-який момент часу інформацію про технічний стан відповідного вузла, системи агрегату.

На практиці найбільш доцільно комплексне використання всіх трьох перерахованих способів підвищення контролепридатності автомобілів. Розробимо методики вибору контрольованих параметрів автомобільного тягача для кожного способу підвищення контролепридатності.

Номенклатуру структурних і діагностичних параметрів і їхні нормативні значення встановлюють з обліком конструктивних, технологічних і експлуатаційних факторів. Вимоги до технічного діагностування автомобільних тягачів включають на розробку й освоєння нових тягачів, у тактико-технічне завдання на їхню розробку, в стандарти на технічні умови, у загальні технічні умови та конструкторську документацію на тягач.

Вибір контрольованих параметрів автомобільного тягача є одним із найбільш важливих науково-методичних питань організації та розвитку технічного забезпечення ракетного, зенітного ракетного озброєння, від рішення якого значною мірою залежить ефективність функціонування зазначених систем озброєння.

Традиційно вибір контрольованих параметрів для оцінки технічного стану автомобільних тягачів здійснюють з номенклатури, що рекомендується державними стандартами й іншою нормативно-технічною документацією.

Сьогодні автомобільні тягачі можуть оснащуватись бортовими і вбудованими системами контролю, при цьому не втрачають актуальність і традиційні системи зовнішнього контролю та діагностування. У зв'язку з цим при виборі контрольованих параметрів необхідно визначити, які з них доцільно контролювати бортовими системами, а які – за допомогою зовнішніх засобів технічного контролю та діагностування.

Розглянуте завдання може бути вирішено за допомогою методики, яка заснована на критерії економічності контролю параметрів автомобільного тягача [7]. Запропонована методика передбачає три можливих методи контролю: за допомогою зовнішніх традиційних засобів, систем вбудованих датчиків (СУД) і бортових систем контролю. Для методів контролю та діагностування за допомогою зовнішніх традиційних засобів і СУД складаються цільові функції, що характеризують залежність витрат від періодичності діагностування розглянутого елемента тягача. Мінімум цих функцій і дає оптимальну періодичність контролю та діагностування, що визначає мінімальні витрати на експлуатацію і ремонт елемента, включаючи й витрати на контроль і діагностування. Для третього методу діагностування також запропонована формула визначення витрат.

Припустимо, що при виборі контрольованих параметрів застосовується метод, сутність якого полягає в наступному. Вибирають основні структурні параметри $Д_i$, які можуть використовуватись як контрольовані, і параметри K_j, які можна використовувати в якості діагностичних. За даними статистики відмовлень визначають «вплив» структурних параметрів на

можливість виконання (невиконання) об'єктом своїх функцій, а також встановлюють імовірність невизначення несправного стану тягача за результатами контролю параметрів (при різних комбінаціях параметрів) та імовірність помилкового визначення справного тягача несправним.

Методика вибору контрольованих параметрів автомобільного тягача складається у виконанні наступної послідовності операцій.

1. На основі експериментальних досліджень, вивчення науково-технічної літератури, технічної й експлуатаційної документації на автомобільний тягач задати наступні вихідні дані: B_1 – витрати на проведення одного контролю; $B_Д$ – припустимі витрати на проведення одного контролю; C і A – відповідно витрати на профілактичний і аварійний ремонти елемента; $C_{ДОП}$ і $A_{ДОП}$ – відповідно припустимі витрати на профілактичний і аварійний ремонти елемента; D – питомий чистий прибуток, який дає тягач за 1 годину експлуатації (величина зворотно пропорційна збиткам, які будуть отримані при використанні несправного тягача); $P_C(\tau)$ – імовірність того, що тягач пройде профілактичний ремонт після пробігу τ; $P_A(\tau)$ – ймовірність того, що тягач не пройде аварійний ремонт після пробігу τ; t_1 – час проведення вимірювання одного параметра; $t_{ВІДОП}$ – допустимий час на проведення вимірювання одного параметра; t_C і t_A – відповідно час, відведений на профілактичний і аварійний ремонти елемента; $t_{СДОП}$ і $t_{АДОП}$ – відповідно припустимий час, відведений на профілактичний і аварійний ремонти елемента; $У_2$ – витрати на одне діагностування при використанні СУД; $B_{2ДОП}$ – припустимі витрати на одне діагностування при використанні СУД; t_2 – час на діагностування елемента при СУД; $t_{В2ДОП}$ – припустимий час на діагностування елемента при СУД; $C_{СВД}$ і $T_{СВД}$ – відповідно витрати на СВД і термін служби СВД розглянутого елемента; $C_{СВДДОП}$ і $T_{СВДДОП}$ – відповідно припустимі значення витрат на СУД і терміну служби СУД розглянутого елемента; $T_{БК}$ – термін служби системи бортового контролю (СБК); $T_{БКДОП}$ – припустимий термін служби; $C_{БК}$ – витрати (вартість) СБК; $C_{ПР}$ – витрати на ремонт і ТО СБК (стосовно до розглянутого елемента) за термін її служби; $C_{ПРДОП}$ – припустимі витрати на ремонт і ТО СБК (стосовно до розглянутого елемента) за термін її служби; P_B – контрольовані частини автомобіля, для яких буде зроблений профілактичний ремонт на кожну тис. км пробігу.

2. Вирішити задачі оптимізації витрат на діагностування і контроль елемента для розглянутих методів, його ремонти і простої в ремонтах:

а) цільова функція витрат на контроль елемента першим методом, його ремонти і простої у ремонтах у залежності від періодичності контролю на тис. км пробігу має вигляд [7]

$$C_1(\tau) = \tau^{-1}\{B_1 + CP_C(\tau) + AP_A(\tau) + D[t_{B1} + t_C P_C(\tau) + t_A P_C(\tau)]\}. \quad (1)$$

Для вирішення задачі оптимізації витрат на діагностування і контроль елемента за допомогою першого методу необхідно визначити мінімум цільової функції $C_1(\tau)$ з урахуванням заданих обмежень, тобто

$C_1 = min\, C_1(\tau)$,

при наступних обмеженнях:

$B_1 < B_{ДОП}$;

$C < C_{ДОП}$;

$A < A_{ДОП}$;

$t_{B_1} < t_{B_1 ДОП}$;

$t_C < t_{СДОП}$;

$t_A < t_{АДОП}$;

б) цільова функція при другому методі контролю має вигляд

$$C_2(\tau) = \tau^{-1}\{B_2 + CP_C(\tau) + AP_A(\tau) + D[t_{B2} + t_C P_C(\tau) + t_A P_C(\tau)]\} + \tau C_{СВД} / T_{СВД}. \quad (2)$$

Для вирішення задачі оптимізації витрат на діагностування і контроль елемента за допомогою другого методу необхідно визначити мінімум цільової функції $C_2(\tau)$ з урахуванням заданих обмежень, тобто

$C_2 = min\, C_2(\tau)$,

при наступних обмеженнях:

$B_2 < B_{2ДОП}$;

$t_{B2} < t_{B2ДОП}$;

$C_{СВД} < C_{СВДДОП}$;

$T_{СВД} < T_{СВДДОП}$;

в) витрати, що відповідають третьому методу контролю, визначають за формулою

$$C_3(\tau) = T_{БК}^{-1}(C_{БК} + C_{ПР}) + CP_B + Dt_C P_B. \quad (3)$$

Для рішення задачі оптимізації витрат на діагностування і контроль елемента за допомогою третього методу необхідно знайти мінімум цільової функції $C_3(\tau)$ з урахуванням заданих обмежень, тобто $C_3^* = min\, C_3$, при наступних обмеженнях:

$T_{БК} < T_{БКДОП}$;

$C_{ПР} < C_{ПРДОП}$.

Мінімум із трьох наведених чисел C_1, C_2, C_3^*, розрахованих за формулами (1) – (3), указує на найбільш доцільний метод контролю.

Для визначення складових $P_A(\tau), P_C(\tau), P_B(\tau)$ необхідно знати залежність імовірності безвідмовної роботи елемента $Q(\tau)$ за пробіг τ тягача. Найчастіше це функція

$$Q(\tau) = 1 - i^{-\lambda\tau},$$

де λ – параметр функції.

Таким чином, запропонована методика дозволяє визначити оптимальний метод контролю та діагностування автомобіля при заданому методі вибору його контрольованих параметрів.

Висновки

При організації технологічного процесу контролю та діагностування ставиться задача раціональної мінімізації числа контрольно-вимірювальних операцій, підвищення точності вимірювань діагностичних параметрів і відповідно вірогідності постановки діагнозу. При цьому повинна дотримуватися загальна умова мінімізації витрат на експлуатацію, обслуговування і ремонт об'єкта, який діагностується, зі збереженням на належному рівні коефіцієнта готовності озброєння. Алгоритм діагностування будується таким чином, щоб за обраним переліком параметрів і послідовності їхніх вимірювань визначити працездатність об'єкта і локалізувати виявлені при цьому несправності. Глибина локалізації несправності визначається в кожному конкретному випадку своїм рівнем: заміною деталі, чи ремонтом вузла агрегату, проведенням якихось регулювальних робіт. Цей рівень визначається експлуатаційними й економічними факторами, нормованими показниками надійності, вимогами забезпечення безпеки дорожнього руху, збереження екологічних характеристик і т. д. Розроблена методика дозволяє визначити оптимальний перелік параметрів автомобільного тягача для контролю та діагностування, що дозволить підвищити ефективність експлуатації озброєння при незначних витратах.

Список літератури

1. Технические основы эффективности ракетных систем / [Е. Б. Волков, В. 3. Дворкин, А. И. Прокудин и др.]. Под ред. Е. Б. Волкова. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.

2. Техническая эксплуатация автомобилей / Под ред. Е. С. Кузнецова. – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.

3. Харазов А. М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей / А. М. Харазов. – М.: Высшая школа, 1990. – 208 с.

4. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники/ [Г. П. Богданов, В. А. Кузнецов, М. А. Лотонов и др.]; под ред. В. А. Кузнецова. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.

5. Современные математические методы анализа и синтеза сложных систем / Под ред. В. В. Блаженкова. – М.: МО СССР, 1984. – 382 с.

6. Беляев Ю. К. Надежность технических систем: Справочник / Беляев Ю. К., Богатырев В. А., Бокотин В. В. Под ред. И. А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 606 с.

7. Чуев Ю. В. Технические задачи исследования операций / Ю. В. Чуев, Г. П. Спехова. – М.: Сов. радио, 1971. – 344 с.

Надійшла до редакції 10.12.2008

Рецензент: доктор технічних наук, професор О. М. Сотніков, Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДВИЖНОЙ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ

С. В. Герасимов, А. А. Подорожняк, Ю. Б. Прибылев

В статье рассматривается способ повышения эффективности использования, повышения живучести ракетного вооружения за счет совершенствования системы технического контроля и диагностики подвижных пусковых установок. Предлагаются три способа повышения контролепригодности автомобильного тягача – базы подвижной пусковой установки. Разработана методика выбора контролируемых параметров автомобильного тягача, которая учитывает особенности предлагаемых способов повышения контролепригодности. Сформулированы задачи оптимизации затрат при контроле и диагностике автомобильного тягача, которая является основой методики.

Ключевые слова: *контролируемые параметры, контролепригодность, система технического контроля и диагностики.*

DEVELOPMENT OF METHOD OF CHOICE OF THE CONTROLLED PARAMETERS OF MOBILE LAUNCHER

S. V. Gerasimov, A. A. Podorozhnyak, Y. B. Pribylev

In the article the analysis of increase in efficiency of the use, increase in survivability of rocket armament due to perfection of the technical checking and diagnostics of launchers is presented. Three methods of increase of control measuring of motor -car tractor - base of the mobile launcher are offered. The method of choice of the controlled parameters of motor -car tractor is developed, which takes into account the features of the offered methods of increase of control measuring. The tasks of optimization of expenses at control and diagnostics of motor -car tractor, which forms the basis of method, are formulated.

Keywords: *controlled parameters, control measuring, technical checking and diagnostics system.*