

О. З. Горбай¹, Б. М. Дівесв¹, І. С. Керницький², А. П. Поляков³, Д. Л. Паращук⁴

ВІБРОЗАХИСТ КУЛЕМЕТА, ВСТАНОВЛЕНОГО НА КОЛІСНОМУ АВТОМОБІЛІ

¹Національний університет «Львівська політехніка»

²Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa, Poland

³Вінницький національний технічний університет

⁴Академія сухопутних військ України, м. Львів

ВСТУП

Важливим питанням розробки сучасних машин є зменшення вібрації. Традиційні методи віброізоляції часто стають недостатньо ефективними, особливо для такого класу машин як спеціальні військові автомобілі, з встановленими на них засобами ураження живої сили противника та легкоброньованих цілей. Ефективним у даному випадку може стати застосування динамічного гасника коливань (ДГК).

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Навісні елементи колісних машин відіграють значну роль як в технологічних процесах, так і у визначенні ресурсних можливостей цього класу машин. Для забезпечення ефективності застосування вогнепальної зброї в русі, виникає необхідність її стабілізації. Однак, конструкції сучасних стабілізуючих пристроїв мають низку параметрів, які роблять їх встановлення на військові автомобілі проблематичним, а саме: складність конструкції, висока ціна, великі габаритні розміри та вага, підвищений рівень споживання електроенергії тощо. Особливо, це стосується військових автомобілів легкої та надлегкої категорії ваги. Тому, пропонується метод стабілізації зброї, оснований на зменшенні енергії коливань, яка передається на зброю.

Для моделювання технологічних процесів, що відбуваються за допомогою транспортних засобів, зокрема за допомогою колісних машин, розроблено низку розрахункових схем (РС) [1-3]. Частий недолік традиційних моделей – це недостатній розгляд взаємозв'язку транспортних та технологічних процесів. Найбільш поширеними були незв'язані дискретні моделі [2]. Хоча вони й дозволяють доволі точно визначити вплив динаміки руху на технологічний процес, проте зворотний вплив, який в окремих випадках доволі значний, часто розглядається не досить повно. В даній роботі розглянуто клас дискретно-континуальних моделей [4-7], які дозволяють більш гнучко моделювати ці процеси.

Дискретно-континуальне моделювання знайшло широке застосування в розрахунку динаміки колісних екіпажів та колісних поїздів [4-7]. Це насамперед пов'язане з необхідністю визначення напружень в такого роду конструкціях при динамічних навантаженнях. Дискретні РС дозволяють лише визначити амплітудно-частотні характеристики (АЧХ). Часто вони переобтяжені деталями. Внесення додаткового дискретного елемента навіть малої маси, вносить значні зміни в АЧХ в області його власного резонансу, хоча сама наявність такого елемента може вносити доволі незначні зміни як в технологічний процес, так і в реальний напружено-деформований стан (НДС) конструкції. Дискретно-континуальні моделі дозволяють, на основі значно меншого числа параметрів, описати як технологічний процес, так і саму динаміку екіпажу.

Для отримання рівнянь динамічної рівноваги використаємо варіаційний принцип Гамільтона-Остроградського [4]

$$\delta \int (V - T) dt = 0, \quad (1)$$

де V – потенціальна енергія; T – кінетична енергія.

Для визначення F необхідно розглянути модель руки та врахувати трансмісію. Однією з найбільш вживаних є три-масова модель Рейнольдса (рис. 1, 2) [8].

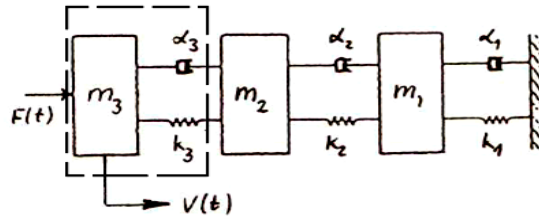


Рисунок 1 – Модель руки Рейнольдса

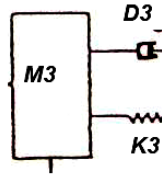


Рисунок 2 – Модифікована частина моделі руки Рейнольдса

Замінімо частину моделі, що контактує з ручкою (обведена штриховою лінією на рис. 1) Тут $M_3 = m_3 + m_T$, $K_3 = k_3 / N$, де m_T – ефективна маса зубчатої передачі; N – передавальне число зубчатої передачі. На рис. 3 схематично показана розрахункова схема турелі з рукою оператора та з двома ДГК.

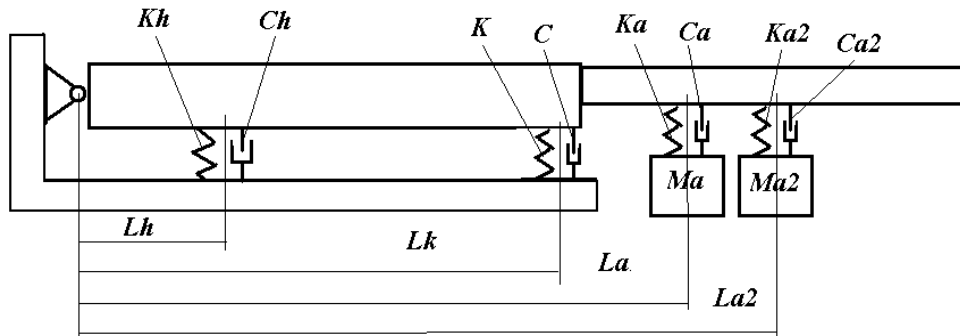


Рисунок 3 – Модель турелі

У результаті отримуємо систему з п'яти диференціальних рівнянь для моделі Рейнольдса (лінеаризовану)

$$\begin{aligned}
 & J_{\Sigma} \ddot{\phi} + KL_K \left[(L_K \phi - U_0) + \eta_K (L_K \dot{\phi} - \dot{U}_0) \right] + K_A L_a \left[(L_a \phi - U_A) + \eta_A (L_a \dot{\phi} - \dot{U}_A) \right] + \\
 & + K_{A2} L_{a2} \left[(L_{a2} \phi - U_{A2}) + \eta_{A2} (L_{a2} \dot{\phi} - \dot{U}_{A2}) \right] + k_{3\phi} \phi + k_{3\phi} D_{\phi} \dot{\phi} - k_{32} u_2 - k_{32} D_{\phi} \dot{u}_2 = 0; \\
 & M_2 \ddot{u}_2 + k_2 u_2 + k_2 D_{\phi} \dot{u}_2 - k_{3\phi} \phi - k_{3\phi} D_{\phi} \dot{\phi} + k_{32} u_2 + k_{32} D_{\phi} \dot{u}_2 - k_1 \dot{u}_1 - k_1 D_1 \dot{u}_1 = 0; \\
 & M_1 \ddot{u}_1 - k_2 u_2 - k_2 D_{\phi} \dot{u}_2 + k_1 u_1 + k_1 D_1 \dot{u}_1 = 0; \\
 & M_A \ddot{U}_A - K_A L_a \left[(L_a \phi - U_A) + \eta_A (L_a \dot{\phi} - \dot{U}_A) \right] = 0; \\
 & M_{A2} \ddot{U}_{A2} - K_{A2} L_{a2} \left[(L_{a2} \phi - U_{A2}) + \eta_{A2} (L_{a2} \dot{\phi} - \dot{U}_{A2}) \right] = 0; \\
 & J_{\Sigma} = J_T + J_G + h^2 n^2 M_3; \quad k_{3\phi} = k_3 h^2 n^2; \quad k_{32} = k_3 h n;
 \end{aligned} \tag{2}$$

де $J_S = \int_0^L \rho(x)x dx$ – момент інерції турелі відносно осі обертання; η – відповідні до жорсткостей K коефіцієнти в'язкого демпфування; J_Σ – сумарний момент інерції турелі J_T , шестерні з ручкою J_G та приведеної маси

$$J_\Sigma = J_T + J_G + h^2 n^2 M_3. \quad (3)$$

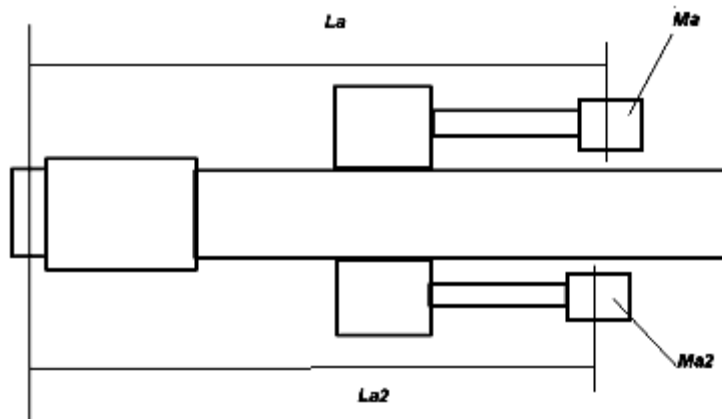


Рисунок 4 – Відстані мас першого та другого ДГК від осі обертання

Коефіцієнти у (3) будуть: k_φ – поворотна жорсткість пружного закріплення турелі (у загальному випадку нелінійна); $k_{3\varphi} = k_3 h^2 n^2$, $k_{32} = k_3 h n$ – приведені жорсткості, отримані з кінематичних умов, де h – віддаль осі рукоятки від осі обертання шестерні рукоятки (рис. 5).

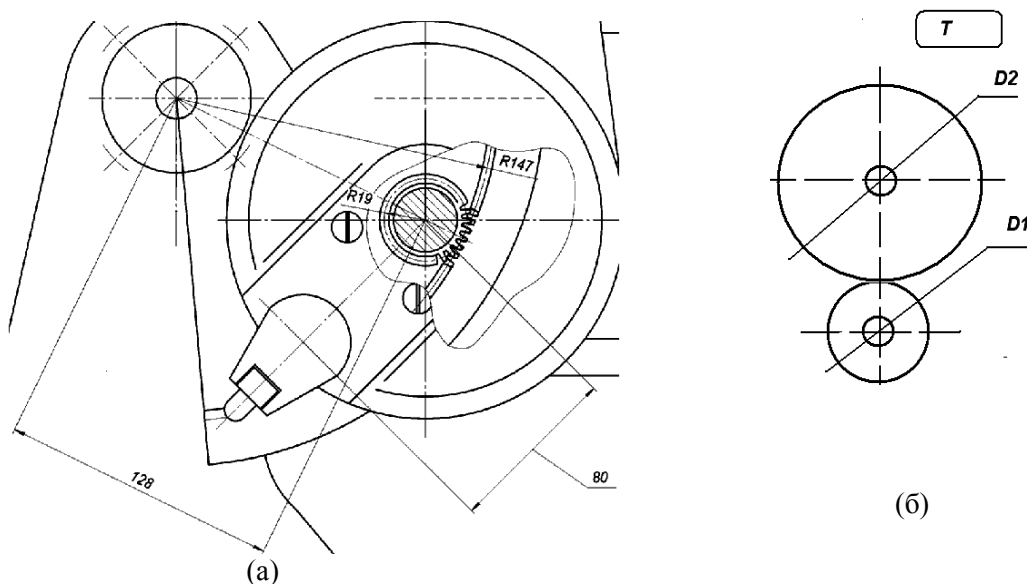


Рисунок 5 – Трансмісія (а) та її схема (б) від руки стрільця до ложа кулемета

Величини La , $La2$ – відстані, відповідно, мас першого та другого ДГК від осі обертання (рис. 4). У систему рівнянь (2) входять складові K , C – пружно-демпфуючі властивості турелі та Kh , Ch – пружно-демпфуючі властивості рук стрільця. Вони визначаються на основі нелінійних моделей динаміки турелі.

ВИСНОВКИ

Розглянуто розрахункові схеми турелі кулемета з двома ДГК при широкочастотному навантаженні. Отримані малопараметричні моделі вібрації системи. На основі генетичних алгоритмів отримані оптимальні схеми вібропоглинання. Досліджено характер зовнішнього збурення на параметри оптимальних ДГК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Раймпель И. Шасси автомобиля – элементы подвески / И. Раймпель. – М. : Машиностроение, 1987. – 288 с.
1. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / под ред. А. А. Хачатурова. – М. : Машиностроение, 1976. – 530 с.
2. Пархиловский И. Г. Автомобильные листовые рессоры : Теория, расчет и испытания / И. Г. Пархиловский. – 2-е. изд. – М. : Машиностроение, 1978. – 227с.
3. Вікович І. А. Розрахунок та мінімізація коливних процесів у штангах обприскувачів / І. А. Вікович, Б. М. Дівеєв, І. Р. Дорош // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні : Український міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів : Вид-во «Львівська політехніка», 2011. – № 45. – С. 460–465.
4. Дівеєв Богдан. Оптимізація системи динамічних гасників коливань для чутливих елементів автомобілів / Богдан Дівеєв, Ігор Височан, Дмитро Паращук // 11-й Міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків. – Львів, 2013. – С. 107–108.
5. Паращук Д. Л. Дослідження динаміки колісного екіпажу / Д. Л. Паращук // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2012. – № 746. – С. 168–171.
6. Вплив параметрів об'єкта віброзахисту та динамічного гасника коливань на енергоефективність вібропоглинання / Б. М. Дівеєв, Д. Л. Паращук, Р. В. Сава, Г. Т. Черчик // Наукові нотатки : міжвузівський збірник. – Луцьк, 2013. – Вип. 41(2). – С. 28–33.
7. A comparison of biodynamic models of the human hand-arm for applications to hand-held power tools / Rakheja S., Wu J. Z., Dong R. G. and Schopper A. W. // Journal of Sound and Vibration. – 2002. – № 249 (1). – P. 55–82.

REFERENCES

1. Ryimpel I. Chassis of the car - elements of the suspension / I. Reimpel. - M.: Mechanical Engineering, 1987. - 288 p.
1. Dynamics of the system road-tire-car-driver / ed. AA Khachaturov. - M.: Mechanical Engineering, 1976. - 530 p.
2. Parhilovsky I. G. Automobile leaf springs: Theory, calculation and tests / I. G. Parhilovsky. - 2nd ed. - M.: Mechanical Engineering, 1978. - 227s.
3. Vikovich IA Calculation and minimization of oscillatory processes in rod sprayers / IA Vikovich, B. M. Diveev, I. R. Dorosh // Automation of production processes in mechanical engineering and instrument making: Ukrainian interagency scientific and technical collection. - Lviv: View "Lviv Polytechnic", 2011. - No. 45. - p. 460-465.
4. Diveev Bogdan. Optimization of Dynamic Fader System for Sensitive Car Elements / Bogdan Diveev, Igor Vysochan, Dmytro Paraschuk // 11th International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers. - Lviv, 2013. - P. 107-108.
5. Paraschuk D. L. Research of dynamics of a wheel-carriage / D. L. Paraschuk // Optimization of production processes and technical control in machine-building and instrument making. - 2012. - No. 746. - P. 168-171.
6. Influence of the parameters of the vibration protection object and the dynamic vibration damper on the energy efficiency of the vibration absorption / B. M. Diveev, D. L. Paraschuk, R. V. Savva, G. T. Cherchik // Scientific Notes: Interuniversity Collection. - Lutsk, 2013. - Vip. 41 (2). - pp. 28-33.
7. A comparison of biodynamic models of the human hand-arm for applications to hand-held power tools / Rakheja S., Wu J. Z., Dong R. G. and Schopper A. W. // Journal of Sound and Vibration. – 2002. – № 249 (1). – P. 55–82.

О. З. Горбай¹, Б. М. Дівеєв¹, І. С. Керницький², А. П. Поляков³, Д. Л. Паращук⁴

ВІБРОЗАХИСТ КУЛЕМЕТА, ВСТАНОВЛЕНОГО НА КОЛІСНОМУ АВТОМОБІЛІ

¹Національний університет «Львівська політехніка»

² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa, Poland

³Вінницький національний технічний університет

⁴Академія сухопутних військ України, м. Львів

У статті розглядаються методи розрахунку вібраційних процесів колісних транспортних засобів з кулеметом.

Об'єкт дослідження – математичні моделі для визначення пружно-демпфувальних властивостей турелі кулемета.

Мета роботи – розробити систему динамічних гасників коливань для віброзахисту турелі кулемета.

Результатом проведених досліджень є розробка розрахункових схем з урахуванням взаємодії руки стрільця з туреллю.

Ключові слова: кулемет, автомобіль, динамічний гасник коливань.

Горбай Орест Зенонович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілебудування, Національний університет «Львівська політехніка»

Дівеєв Богдан Михайлович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка»

Керницький Іван Степанович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри будівельної інженерії, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa, Poland, e-mail: ivankernytskyu@ukr.net

Поляков Андрій Павлович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Паращук Д. Л., Академія сухопутних військ України, Львів

О. Horbay¹, В. Diveyev¹, І. Kernytskyu², А. Polyakov³, D. Parashchuk⁴

PROTECT OF VIBRATION MASHINE GUN ON CAR

¹National University "Lvivska Politehnika"

²Warsaw Agricultural University

³Vinnitsia National Technical University

⁴Academy of Ground Forces of Ukraine, Lviv

The paper deals with the methods of calculation of vibration processes in the wheeled machines with the sensitive element gun.

A research object is – Mathematical model for the gun turret elastic-damping properties is proposed.

A purpose of work– The dynamic vibration absorbers system for the gun turret vibro-protection is elaborated.

The result of the conducted researches is co-operation of hand of shooter with turret is taken into account.

Key words: mashine gun, car, dynamic vibration absorber.

Gorbay Orest, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive, National University "Lviv Polytechnic"

Diveev Bogdan, candidate of technical sciences, associate professor, assistant professor of transport technologies department, National University "Lviv Polytechnic"

Kernitsky Ivan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Department of Civil Engineering, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa, Poland, e-mail: ivankernytskyu@ukr.net

Polyakov Andrey, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: farv@vntu.edu.ua
Paraschuk D., Academy of Ground Forces of Ukraine, Lviv

О. З. Горбай¹, Б. М. Дивеев¹, И. С. Керницкий², А. П. Поляков³, Д. Л. Паращук⁴

ВИБРОЗАЩИТА ПУЛЕМЕТА, УСТАНОВЛЕННОГО НА КОЛЕСНОМ АВТОМОБИЛЕ

¹Национальный университет «Львовская политехника»

²Варшавский сельскохозяйственный университет, Польша

³Винницкий национальный технический университет

⁴Академия сухопутных войск Украины, г. Львов

В статье рассматриваются методы расчета вибрационных процессов колесных транспортных средств с пулеметом.

Объект исследования – математические модели для определения упруго-демпфирующих свойств турели пулемета.

Цель работы – разработать систему динамических гасителей колебаний для виброзащиты турели пулемета.

Результатом проведенных исследований является разработка расчетных схем с учетом взаимодействия руки стрелка с турелью.

Ключевые слова: пулемет, автомобиль, динамический гаситель колебаний.

Горбай Орест Зенонович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобилестроения, Национальный университет «Львовская политехника»

Дивеев Богдан Михайлович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры транспортных технологий, Национальный университет «Львовская политехника»

Керницкий Иван Степанович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительной инженерии, Варшавский сельскохозяйственный университет, Польша, e-mail: ivankernytskyu@ukr.net

Поляков Андрей Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Паращук Д. Л., Академия сухопутных войск Украины, Львов