



УДК 629.114

# АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПІДВІСКИ МОРСЬКИХ АМФІБІЙНИХ ЗАСОБІВ

Сандлер А.К., Карпілов О.Ю.

Національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса, Україна

E-mail: albertsand4@gmail.com

Copyright © 2021 by author and the journal "Automation of technological and business – processes".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI: 10.15673/atbp.v14i2.2302

**Анотація.** Надійність транспортних засобів цього класу значним чином обумовлена безвідмовністю гусеничного рушія, що експлуатується в досить тяжких умовах. Гусениця разом з елементами системи підвіски, знаходяться під постійним впливом нерівностей та неоднорідностей контактної поверхні, який має стохастичний характер. Негативний вплив на елементи підвіски суттєво збільшується зі збільшенням швидкості руху та при переході з водної до сухопутної ділянки маршруту. Аварії ходової системи, у більшості випадків, спричиняють втрату транспортним засобом рухливості, а ремонтно-відновлювальні роботи у процесі експлуатації досить трудомісткі або неможливі без евакуації машини. У зв'язку із цим науково-технічне завдання забезпечення надійності та безвідмовності ходових систем морських амфібійних засобів також набуває актуальності та особливого значення. Можливості більшості використовуваних гасників коливань транспортних засобів не дозволяють реалізувати ефективний захист машини, особливо для тих що мають подвійне призначення або експлуатуються у амфібійному режимі. Спільними для всіх типів амортизуючих засобів контролю є проблеми довготривалої стабільності роботи, які обумовлені особливостями конструкції клапанних пристроїв амортизаторів.

Аналіз недоліків поширених конструкцій клапанних пристроїв та недоліків, обумовлених схем технічними рішеннями показав доцільність створення клапанного пристрою лопатевого амортизатора, у якому присутня компенсація змін властивостей гідравлічної рідини у амортизаторі при зміні температури, присутня можливість імплементації в існуючі конструкції амортизаторів та одночасно збережені ефективні схемотехнічні рішення пристроїв відомих типів.

**Abstract.** The reliability of vehicles of this class is largely due to the reliability of the crawler, which is operated in very difficult conditions. The caterpillar, together with the elements of the suspension system, are under the constant influence of irregularities and inhomogeneities of the contact surface, which has a stochastic nature. The negative impact on the suspension elements increases significantly with increasing speed and the transition from water to land route. Accidents in the running system, in most cases, cause loss of mobility of the vehicle, and repair and restoration work during operation is quite time consuming or impossible without evacuation of the car. In this regard, the scientific and technical task of ensuring the reliability and reliability of the running systems of marine amphibious vehicles is also gaining relevance and special importance. The capabilities of most of the vibration dampers used do not allow for effective protection of the machine, especially for those that have a dual purpose or are operated in amphibious mode. Common to all types of shock-absorbing means of control are the problems of long-term stability, which are due to the design features of the valve devices of the shock absorbers. Analysis of the shortcomings of common designs of valve devices and the shortcomings due to the schemes of technical solutions showed the feasibility of creating a valve device of the vane shock absorber, which compensates for changes in the properties of hydraulic fluid in the shock absorber with temperature changes types.

**Ключові слова:** гідро амортизатор, клапанний пристрій, амфібійний засіб**Key words:** hydro shock absorber, valve device, amphibious vehicle

## Вступ

Сучасний етап розвитку морських амфібійних засобів характеризується створенням нових генерацій техніки, яка відрізняється високою надійністю, стійкістю до зовнішніх експлуатаційних факторів та зниженою собівартістю процесів проектування, доведення та виробництва. Морські амфібійні засоби знаходять широке застосування завдяки тому, що є машинами подвійного призначення. Надійність транспортних засобів цього класу значним чином



обумовлена безвідмовністю гусеничного рушія, що експлуатується в досить тяжких умовах. Гусениця разом з елементами системи підвіски, знаходяться під постійним впливом нерівностей та неоднорідностей контактної поверхні, який має стохастичний характер. Негативний вплив на елементи підвіски суттєво збільшується зі збільшенням швидкості руху та при переході з водної до сухопутної ділянки маршруту.

Це викликає усталісне руйнування й абразивне зношування металевих елементів та термомеханічні й усталісні руйнування деталей з еластомерних матеріалів. В наслідок деструктивних процесів в елементах рушіїв та підвіски у процесі експлуатації морських амфібійних засобів домінуюча частка відмов (до 40 %) припадає на ходову частину.

Аварії ходової системи, у більшості випадків, спричиняють втрату транспортним засобом рухливості, а ремонтно-відновлювальні роботи у процесі експлуатації досить трудомісткі або неможливі без евакуації машини. У зв'язку із цим науково-технічне завдання забезпечення надійності та безвідмовності ходових систем морських амфібійних засобів також набуває актуальності та особливого значення.

Розв'язок завдання підвищення надійності на етапах проектування стосовно до морських амфібійних засобів базується на послідовному визначенні найбільш навантажених, потенційно небезпечних елементів ходової системи на основі результатів попередніх розрахункових досліджень і даних масової експлуатації машин-аналогів [1, 2].

#### Аналіз літературних джерел та постановка задачі

У той же час, аналіз існуючих пристроїв амортизуючих засобів на гусеничному ході показав таке. Доля відмов елементів підвіски дорівнює аналогічним показникам для більшості елементів ходової частини (рис. 1) [3].

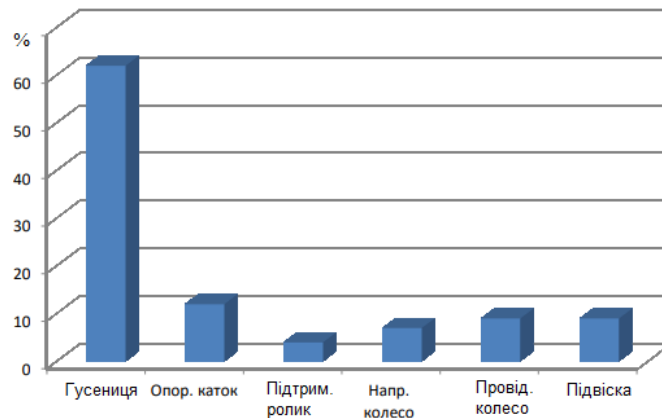


Рис. 1 – Експериментальний розподіл відмов за основними елементами ходової частини гусеничних транспортних засобів

Можливості більшості використовуваних гасників коливань транспортних засобів не дозволяють реалізувати ефективний захист машини, особливо для тих що мають подвійне призначення або експлуатуються у амфібійному режимі. Спільними для всіх типів амортизуючих засобів контролю є проблеми довготривалої стабільності роботи, які обумовлені особливостями конструкцій клапанних пристроїв амортизаторів.

Для пошуку шляхів удосконалення гідравлічних лопатевих амортизаторів систем демпфування механічних коливань були розглянуті конструкції найбільш поширених клапанних пристроїв.

Відомий клапанний пристрій, що складається з шайб зі смарт-матеріалу (зі сплаву на основі титану з ефектом пам'яті форми) або біметалевого матеріалу, що вмонтовані у робочі зазори між корпусом та валом-ротором (рис. 2) [4].

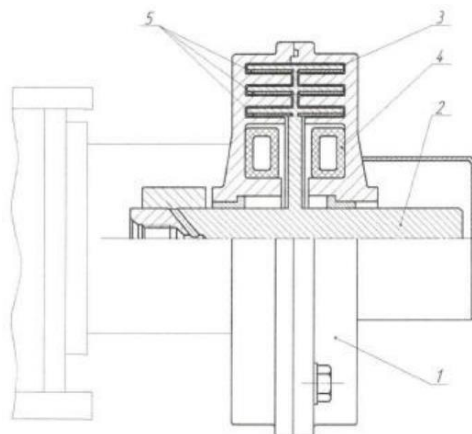


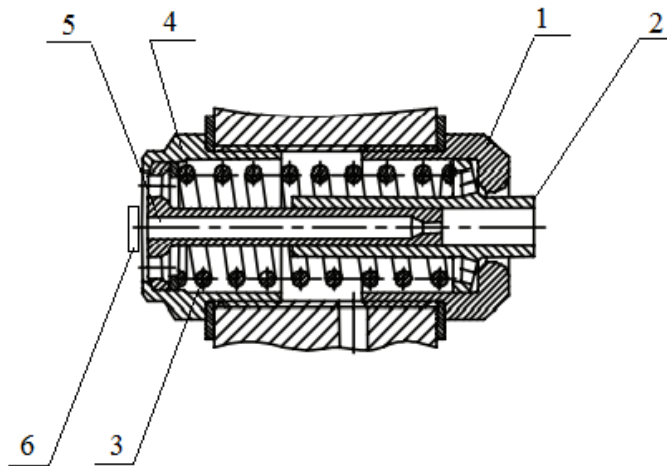
Рис. 2 – Клапанний пристрій роторного гідравлічного амортизатора: 1 – корпус; 2 – вал-ротор; 3 – робочі зазори, заповнені високов'язкою рідиною; 4 – компенсатор; 5 – шайби



Використання шайб зі смарт-матеріалу, розташованих у робочі зазорах між корпусом та валом-ротором, суттєво обмежує застосування амортизатору для вирішення поставленого завдання. А саме конструкція амортизатору обумовлює:

- загрозу руйнації шайб великого розміру під впливом великого тиску гідравлічної рідини;
- певну неідентичність характеристик шайб, що складають робочий комплект пристрою;
- коштовність виготовлення та складність ремонтно-відновлювальних робіт;
- неможливість монтажу у вже існуючі конструкції лопатевих амортизаторів.

Більш досконалою є конструкція пристрою, що складається з клапана і пружини, розміщених усередині стаканів – зовнішнього і внутрішнього та біметалевої пластини, яка закриває додатковий отвір між порожнинами (рис. 3) [5, 6].



**Рис. 3 – Клапанний пристрій лопатєвого гідравлічного амортизатора: 1, 4 – стакани; 2 – клапан прямого ходу; 3 – пружина; 5 – клапан зворотного ходу; 6 – біметалева пластина**

Але і її притаманні ряд суттєвих недоліків, що обмежують функціонал та можливості пристрою, а саме.

У гідравлічних амортизаторах лопатєвого типу за рахунок виникнення сил в'язкого тертя в рідині, що заповнює зазори між поверхнями, які здійснюють зворотно-обертальні переміщення, механічна енергія коливань перетворюється в теплову, яка нагріває робочу рідину та елементи гасителя. Вплив теплової енергії на в'язкість робочої рідини та деталі амортизатора викликає зміну силової характеристики і знижує ефективність гасіння коливань та впливає на його працездатність в цілому. Це пояснюється зниженням щільності рідини і зменшенням її сили тертя. Крім того, робочі зазори між елементами пристрою, що заповнені високов'язкою рідиною, під впливом температури цієї рідини збільшують свої розміри, тим самим знижуючи ефективність демпфування. Таким чином, чим більше динамічне навантаження, викликане зміною впливом механічних коливань, тим більша температура робочої рідини в амортизаторі і менша демпфуюча здатність, що безумовно є значним недоліком цього головного клапанного пристрою. Зворотній процес спостерігається при вході та русі водним середовищем амфібійного засобу. У цьому випадку відбувається швидке зменшення температури гідравлічної рідини у амортизаторі та зміна характеристик останнього при початку руху засобу на твердому ґрунті.

Застосування біметалевої пластини вимагає застосування ущільнювальних елементів між нею та додатковим отвором. Біметалева пластина має певну інерційність, що негативно впливає на роботу амортизатора при різкій зміні температури навколишнього середовища на межі вода-земля.

#### **Мета та задачі дослідження**

Аналіз недоліків поширених конструкцій клапанних пристроїв та недоліків, обумовлених схем технічними рішеннями показав доцільність створення клапанного пристрою лопатєвого амортизатора, у якому присутня компенсація змін властивостей гідравлічної рідини у амортизаторі при зміні температури, присутня можливість імплементації в існуючі конструкції амортизаторів та одночасно збережені ефективні схемотехнічні рішення пристроїв відомих типів.

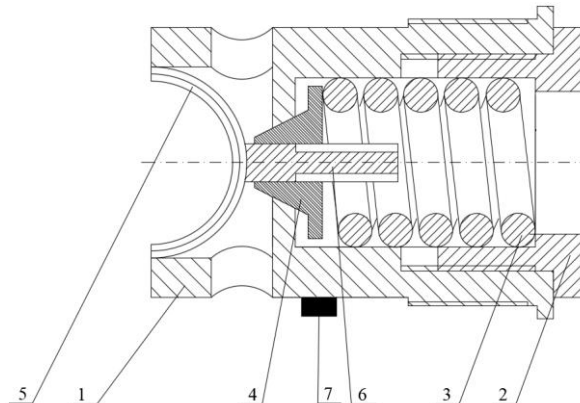
#### **Результати дослідження**

Поставлена задача вирішується тим, що клапанний пристрій лопатєвого амортизатора, що складається з клапана і пружини, розміщених усередині зовнішнього і внутрішнього стаканів та який відрізняється тим, що до зовнішнього стакану прикріплена біметалева гофрована мембрана, сполучена зі штоком з поздовжніми пазами, який входить у отвір у клапані.

Гофрована мембрана дозволяє збільшити діапазон прогинів та поздовжнього руху штоку поздовжніми пазами. Крім того, в залежності від форми профілю, пружна характеристика мембрани може бути лінійною, затухаючою або зростаючою за температурою.



Суть запропонованого схематичного рішення пояснюється кресленням (рис. 4), де зображено зовнішній стакан 1, з яким з'єднано внутрішній стакан 2.



**Рис. 4 – Клапанний пристрій лопатевого амортизатора морських амфібійних засобів: 1 – зовнішній стакан; 2 – внутрішній стакан; 3 – пружина; 4 – клапан; 5 – біметалева гофрована мембрана; 6 – шток з поздовжніми пазами; 7 – волоконно-оптичний датчик вібрації**

У внутрішній порожнині, що утворена стаканами, міститься пружина 3. Пружина притискує клапан 4 до отвору у зовнішньому стакані. До зовнішнього стакану прикріплена біметалева гофрована мембрана 5, що жорстко сполучена зі штоком з поздовжніми пазами 6. Шток входить у отвір у клапані.

Коли температура гідравлічної рідини знаходиться у припустимому діапазоні клапан, під впливом тиску, пересувається уздовж штока в межах його циліндричної частини на якій присутні пази. Таким чином, відкриваються додаткові канали для перетікання рідини між порожнинами амортизатору.

При зміні температури та щільності гідравлічної рідини, автоматично змінюється вигин біметалевої гофрованої мембрани. Мембрана пересуває шток таким чином, що після відкриття клапану він рухається уздовж штока в межах його циліндричної частини на якій відсутні пази. Таким чином, зберігається загальна площа каналів для перетікання рідини між порожнинами амортизатору адекватно до щільності рідини.

У першому динамічному режимі (температура гідравлічної рідини у номінальному діапазоні), клапан, під впливом тиску, пересувається уздовж штока в межах його циліндричної частини на якій присутні пази. Таким чином, відкриваються додаткові канали для перетікання рідини між порожнинами амортизатору.

У другому динамічному режимі (гідравлічна рідина має підвищену температуру та знижену щільність) змінюється вигин біметалевої мембрани. Мембрана пересуває шток таким чином, що після відкриття клапану він рухається уздовж штока в межах його циліндричної частини на якій відсутні пази. Таким чином, зберігається загальна площа каналів для перетікання рідини між порожнинами амортизатору адекватно до щільності рідини.

Що стосується передбаченого у конструкції клапанного пристрою волоконно-оптичного датчика вібрації, то слід відзначити таке.

Відомо, що найбільш ефективним, за комплексом параметрів і характеристик, є метод технічного обслуговування й ремонту, заснований на використанні вібродіагностичної інформації про стан елементів лопатевих гідроамортизаторів.

Порівняльний аналіз існуючих діагностичних методів показав, що найбільшими можливостями для виявлення у трибоконтактах елементів лопатевих гідроамортизаторів дефектів на початковій стадії їх розвитку, володіє методу, заснований на контролі спектру обгинаючих високочастотних вібрацій.

Основна технічна проблема у застосуванні високочастотної вібродіагностики дефектів, що тільки починають зароджуватися у елементах гідроамортизатора, полягає у тому, що на початковій стадії деградації, складові коливального процесу у трибоконтактах, що містять інформацію про виникнення деструкції, мають занадто слабку і зашумлену енергетичну складову.

Також суттєво обмежують процеси моніторингу технічного стану лопатевих гідроамортизаторів особливості їх конструкції, які унеможливають вбудовування вимірювальних перетворювачів коливальних процесів відомих типів безпосередньо на найбільш вразливі елементи конструкції. При цьому вимірювальні перетворювачі фіксують на податливих зовнішніх корпусних елементах амортизатору. Як наслідок, відбувається додаткове перекручування діагностичних сигналів від трибоконтактів вузлів, через вплив множинних резонансів. В існуючій системі експлуатації лопатевих гідравлічних амортизаторів, не забезпечується ефективне діагностування та контроль вузлів та прогнозування їх технічного стану, що можливе тільки здійсненням довготривалої та безперервної діагностики.

В ситуації що склалася зроблено висновок, що подальше удосконалення процесів моніторингу технічного стану лопатевих гідроамортизаторів можливе на основі впровадження рішень, які добре зарекомендували себе в системах технічного діагностування суднових газотурбінних установок, а саме переходу до застосування високоточної та інваріантної до зовнішніх впливів вимірювальної техніки, створеної на основі волоконно-оптичних технологій [7, 8].



## Висновки

Технічний ефект досягається завдяки тому, що комбінація пружних елементів забезпечує:

- компенсацію змін властивостей гідравлічної рідини у амортизаторі при зміні температури;
- спрощення конструктивного виконання;
- можливість імплементації в існуючі конструкції амортизаторів;
- простоту та надійність конструкції.

Застосування розробленого клапанного пристрою лопаткового гідроамортизатора дозволить збільшити надійність підвіски морських амфібійних засобів з одночасним зменшення собівартості за рахунок збільшення міжремонтного періоду.

## Список використаних джерел

- [1]. Абызов, А. А. Обеспечение безотказности элементов ходовых систем быстроходных гусеничных машин при проектировании на основе моделирования процессов эксплуатации и формирования отказов: автореферат дис. ... докт. техн. наук: 05.05.03 / ФГБОУ ВПО "Южно-Уральский государственный университет". – Челябинск, 2014. – 35 с.
- [2]. Теория и конструкция танка. Параметры внешней среды, используемые в расчетах танков / Под ред. П. П. Исакова. – М.: Машиностроение, 1987. – 196 с.
- [3]. Алябьев, В. А. Повышение эффективности использования трактора двойного назначения обеспечением заданного ресурса ходового аппарата: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Троицк, 2017. – 177 с.
- [4]. Патент України № 146160. МПК F16F 9/10 (2006.01). Роторний гідравлічний гаситель коливань з адаптивним керуванням / М. І. Горбунов, О. В. Сергієнко, О. В. Фомін, О. М. Сафронов, М. В. Ковтанець, М. М. Вакулік, А. П. Светлов; Заявник та володар патенту Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля. – u202006011. – заявл. 21.09.2020; опубл. 21.01.2021, бюл. № 3/2021. – 3 с.
- [5]. Объект 434. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Кн. 2. – М.: Военное издательство МО СССР, 1976.
- [6]. Пат. 2394176. РФ, МПК МПК F16F9/10. Гидравлический лопастной амортизатор / Е. А. Алексеева, В. И. Чевело, И. С. Завьялов, Ю. А. Перевозчиков, В. И. Колмогорцев; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Уральское конструкторское бюро транспортного машиностроения". – заявл. 11.01.09; опубл. 10.07.10, Бюл. №23. – 4 с.
- [7]. Сандлер, А. К., Логишев, И.В., Сандлер, А. А. Инвариантный волоконный акселерометр // Энергетика судна: эксплуатация та ремонт: матеріали науково-технічної конференції. – Одеса: ОНМА. – 2011. – С. 277-279.
- [8]. Сандлер, А. К. Метод підвищення ефективності діагностування технічного стану суднових газотурбінних установок на основі волоконно-оптичних технологій: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. – К., 2021. – 159 с.

## References

- [1]. Abyzov, A. A. (2014). Obespecheniye bezotkaznosti elementov khodovykh sistem bystrokhodnykh gusenichnykh mashin pri proyektirovani na osnove modelirovaniya protsessov ekspluatatsii i formirovaniya otkazov. [Ensuring the failure-free operation of the elements of the running systems of high-speed tracked vehicles in the design based on the simulation of operation processes and the formation of failures]: Abstract of the thesis. ... doc. tech. Sciences: 05.05.03 / South Ural State University. – Chelyabinsk. – 35 p.
- [2]. Theory and design of the tank (1987). Parametry vneshney sredy, ispol'zuyemyye v raschetakh tankov [Environment parameters used in tank calculations] / Ed. P. P. Isakova. Moscow.– Mashinostroenie. –196 p.
- [3]. Alyabiev, V. A. (2017). Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya traktora dvoynogo naznacheniya obespecheniyem zadannogo resursa khodovogo apparata [Improving the efficiency of using a dual-purpose tractor by providing a given resource of the undercarriage]: Dissertation ... cand. tech. Sciences: 05.20.01. [ Troitsk. ] 177 p.
- [4]. Patent of Ukraine No. 146160. IPC F16F 9/10 (2006.01). Rotornyy hid-ravlichnyy hasytel' kolyvan' z adaptivnym keruvannyam [Rotary hydro-ravel shock absorber with adaptive winding] / M.I. Gorbunov, O. V. Sergienko, O. V. Fomin, O. M. Safronov, M. V. Kovtanets, M. M. Vakulik, A. P. Svetlov; Applicant and volodar patent Skhidnoukrainian national university im. Volodymyr Dahl. – u202006011. – dec. 09/21/2020; publ. 01/21/2021, bul. No. 3/2021. –3 p.
- [5]. Object 434. Tekhnicheskoye opisaniye i instruktsiya po ekspluatatsii [Technical description and operating instructions]. Book. 2. – Moscow: Military publishing house of the USSR Ministry of Defense, 1976.
- [6]. Pat. 2394176. RF, IPC IPC F16F9/10. Gidravlicheskiy lopastnoy amortizator [Hydraulic vane shock absorber] / E. A. Alekseeva, V. I. Chevelo, I. S. Zavyalov, Yu. A. Perevozchikov, V. I. Kolmogortsev; applicant and patent holder Open Joint Stock Company "Ural Design Bureau of Transport Engineering". – dec. 11.01.09; publ. 10.07.10, Bull. No. 23. – 4 p.
- [7]. Sandler, A. K., Logishev, I. V., Sandler, A. A. (2011). Ynvariantnyy volokonnyy akselerometr. [Invariant fiber-optic accelerometer] // Ships energy: operation and repair: materials of scientific and technical conference. – Odessa: ONMA. – P. 277-279.
- [8]. Sandler, A. K. (2021). Metod pidvyshchennya efektyvnosti diahnostuvannya tekhnichnoho stanu sudnovykh hazoturbinykh ustanovok na osnovi volokonno-optychnykh tekhnolohiy [Method of improving the efficiency of diagnosis of the technical condition of ship's gas turbines plants based on fiber-optical technologists]. Dissertation ... cand. tech. sciences: 05.22.20. – Kyiv. – 159 p.

Отримана в редакції 13.04.2022. Прийнята до друку 27.05.2022. Received 13 April 2022. Approved 27 May 2022. Available in Internet 15 June 2022.