

последствий чрезвычайных природных ситуаций на магистральных автомобильных дорогах / Л.И. Нефёдов, Е.П. Бабенко, Н.Ю. Филь, Ю.Л. Губин // Информатика и моделирование: сб. науч. тр. Нац. техн. ун-та «ХПИ». – Вып. 43.–Х., 2009. – С. 115-120.

6. Нефёдов Л. Н. Модель выбора проекта ремонта автомагистрали на основе прецедентов / Л. Н. Нефёдов, И. Г. Ильге, Д. А. Маркозов, Р. Н. Миськевич // Вестн. ХНАДУ. - 2013. - Вып. 61/62. - С. 223-227.

7. Нефёдов, Л.И. Выбор проекта ремонта автомобильной магистрали на основе прецедентов с учетом рисков / Л.И. Нефёдов, И.Г. Ильге // Технология приборостроения. - 2014. – Специальный выпуск – с. 3-6. – Библиограф. – с.6.

8. Нефёдов, Л.И. Имитационное моделирование реализации проекта ликвидации чрезвычайной природной ситуации на магистральной автомобильной дороге / Л.И.

Нефёдов, В.Е. Овчаренко, И.Г. Ильге, Ю.Л. Губин //Технологии приборостроения. - 2009. – . - № 1 – с. 17-19.

9. Ильге, І.Г. Модель вибору 3D системи автоматичного управління робочими органами екскаватора / І.Г. Ильге, О.В. Рябцев // Технология приборостроения. - 2015. – . - № 1 – с. 3-5.

10. Ильге, І.Г. Узагальнена модель вибору системи автоматичного управління робочими органами машин для земляних робіт / І.Г. Ильге, О.В. Рябцев // Технология приборостроения. - 2016. – . - № 2 – с. 104-106.

11. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

12. Saaty T.L. Decision making with Dependence and Feed back / The Analytic Network Process. Pittsburgh: PWS Publications, 2000. – 370 p.

УДК 681.2.088

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ БУЛЬБАШОК У ГІДРОСИСТЕМАХ ДОРОЖНІХ МАШИН

Д.т.н. В. Д. Сахацький, Д. Є. Лихачов, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Експериментально підтверджено, що наявність повітряних бульбашок в маслопровідній системі гідравлічної станції МІ- 245 викликає значну пульсацію тиску. Показано, що розміщення в вимірвальній системі узгодженого фільтра розширює її функціональні можливості і дозволяє вимірювати не лише тиск і витрату масла в маслопровідній системі, але і на ранній стадії визначати в ній наявність повітряних бульбашок.

Експериментально підтверджено, що наличие воздушных пузырьков в маслопроводной системе гидравлической станции МІ-245 вызывает значительную пульсацию давления. Показано, что размещение в измерительной системе согласованного фильтра расширяет ее функциональные возможности и позволяет измерять не только давление и расход масла в маслопроводной системе, но и на ранней стадии определять в ней наличие воздушных пузырьков.

It is experimentally confirmed that the presence of air phials in the hydraulic system of the hydraulic station of МІ- 245 causes the considerable pulsation of pressure. It is shown that placing in the measuring system of the concerted filter extends her functional possibilities and allows to measure not only pressure and expense of oil in the hydraulic system but also on the early stage to determine the presence of air phials in her.

Ключові слова: робоча рідина, кульки повітря, інформаційний сигнал, ударна хвиля, узгоджена фільтрація.

Постановка проблеми

Гідроциліндри дорожніх машин та інші гідравлічні агрегати, не дивлячись на всі заходи по усуненню повітря з робочої рідини (мінерального масла), мають остаткові кульки, наповнені повітрям або іншим газом. Вивчення

властивостей рідини із кульками повітря почалося давно та активно продовжується у наші дні [1].

Наявність кульок в робочій рідині приводить до появи ударних хвиль, через які поршень гідроциліндра починає коливатись та вібрувати, що є причиною його швидшого руйнування.

При збільшенні концентрації кульок виникає небезпека виникнення схлопувань, які супроводжуються зворотніми ударними хвилями і руйнують внутрішню частину циліндра та шар змазки між поршнем і стінками циліндра. Кульки повітря та інших газів потрапляють в робочу рідину на певному етапі її руху через відповідні механізми і впливають на роботу робочих органів та вузлів.

При взаємодії з твердою перешкодою ударна хвиля трансформується – утворюється відображена ударна хвиля. Цей момент є принциповим для маслопровідної системи, оскільки поршень гідроциліндра починає коливатись та вібрувати, що є причиною його швидшого руйнування. В результаті взаємодії поршневої системи з ударними хвилями є можливість виникнення необхідних для детонації умов.

Тому постало питання про важливість визначення наявності повітряних кульок в робочій рідині маслопровідної системи дорожніх машин на ранніх стадіях їх утворення для запобігання їх руйнівній дії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Рідина з бульбашками газу має властивості, які кардинально відрізняються від чистої рідини. В таких середовищах можуть формуватися відокремлені хвилі, а також можуть з'являтися аномально високі сплески тиску при поширенні хвиль стиснення в парорідинних сумішах. В експериментах [2] візуально зафіксована потужна вторинна ударна хвиля, що виникає при схлопуванні

одиначної бульбашки в рідині. В [3-7] експериментально встановлено, що в рідині з бульбашками пара і бульбашками легкорозчинного газу спостерігається посилення ударних хвиль. На фронті і за фронтом ударної хвилі спостерігаються інтенсивні пульсації тиску, які через $200-300 \cdot 10^{-6}$ с закінчуються, і тиск виходить на майже постійний рівень.

Крім імпульсів тиску, які обумовлені кульками (інформаційного сигналу), в реальному випадку існують так само інші імпульсні сигнали, які виступають як перешкоди шуканого. До них відносяться: робота двигуна, удари корпусу автогрейдера під час переміщення, удари поршня (імпульси від котрого переходять в масляну систему як перешкода), білий шум (від усіх інших механізмів системи).

Завдання виявлення інформаційного сигналу зводиться до використання спеціальних методів фільтрації (частотний, часовий, узгоджений, вейвлет-аналізу та інші), що підвищують відношення сигнал/шум. У роботі [8] доведено, що профіль фронту ударної хвилі, можна описати імпульсом Гауса, амплітуда та довжина імпульсу якого дорівнює отриманим експериментально:

$$S = A \cdot e^{-\frac{(t-\tau_0)^2}{2a^2}}, \quad (1)$$

де A – амплітуда сигналу, МПа;

t – час надходження сигналу, мкс;

τ_0 – довжина імпульсу, мкс;

a – довжина полуімпульсу на рівні 0,607, мкс.

Його можна використовувати як математичну модель і проводити математичну обробку, необхідну для виділення інформаційного сигналу ударної хвилі з шуму. В роботі [8] запропоновано використання вейвлет-аналізу для виявлення повітряних кульок на ранній стадії їх появи в маслопровідних системах дорожніх машин. При використанні вейвлет-аналізу, серед вейвлетів були обрані ті вейвлети, материнська форма яких найбільш схожа на форму шуканого сигналу і які можуть ефективно виділити представлений сигнал із шуму. Аналіз отриманих результатів показав значну ефективність цього методу. Але його практичне використання має певні обмеженості, оскільки потребує нагляд за рівнем розкладання сигналу з метою його оптимального виділення на фоні перешкод.

Тому для того, щоб виявити характерний сигнал наявності кульок повітря в робочій рідині, тобто виділити його зі суміші з шумом, треба шукати інші більш прості методи, які можна буде використовувати у вимірювальних системах для діагностики гідросистем.

Актуальність роботи.

Сучасні вимірювальні системи характеристик і параметрів гідравлічних систем визначають тиск, витрати та інші параметри гідравлічної системи за виключенням наявності повітряних бульбашок та їх концентрації у робочій рідині. Між тим наявність повітряних бульбашок може привести до дострокової руйнації гідравлічної системи, внаслідок виникнення у неї ударних хвиль.

Тому створення вимірювальних систем, які дозволяють здійснювати контроль за станом забруднення гідравлічної системи повітряними бульбашками є актуальною задачею.

Мета і задачі роботи.

Метою роботи є модифікація існуючих систем контролю та виміру характеристик робочої рідини гідравлічних систем різноманітних машин та механізмів за рахунок введення в ці системи пристроїв контролю загазованості робочої рідини.

Основна частина

За допомогою технічного обладнання ХЗТФ «Моторімпекс» були проведені випробування гідравлічної станції МИ-245.

Гідравлічна станція (рис. 1) знаходилася у стані після довгострокової служби майже пів року на підприємстві, без проведення тестування та налаштування функціональних вузлів. Зливні фільтри для робочої рідини (мінерального масла) згідно показників забрудненості були забруднені та потребували заміни.

В робочій рідині візуально простежувалася наявність кульок газу (повітряних кульок).



Рис.1. Загальний вид гідравлічної станції

Дана станція створює регульований тиск робочої рідини при постійній витраті, видаючи інформаційні сигнали про вихідні параметри через датчик тиску та датчик витрати, які встановлені в лінії нагнітання рідини.

На протязі 100000 мс (1 хв. 40 сек.) було проведено одночасне вимірювання тиску p (використовувався датчик тиску HDA7446 виробництва компанії Huidac) та витрати робочої рідини Q (використовувався датчик витрати робочої рідини EVS3100 виробництва компанії Huidac) в гідравлічній станції, а також розраховано її потужність P в режимі онлайн за цими двома показниками за формулою [9]: $P=pQ/60$, л/хв.

Для вимірювань зазначених параметрів використано портативний мультівимірювальний прилад HMG3010 (рис. 2), розроблений виробником для запису та обробки даних, спеціально адаптований для роботи з датчиками самого виробника.

Обидва датчика були встановлені в напірній лінії нагнітання робочої рідини, яка рухалась від насоса до гідроаккумулятора, а після – на злив через гідророзподільник та дросель.



Рис.2. Портативний мультимірювальний прилад HMG3010

Результати вимірювань були вилучені та оброблені за допомогою програмного забезпечення, спеціально розробленого виробником – у програмі «HMGWIN».

Випробування проводились згідно стандартної типової методики проведення експериментів. Результати вимірювань відображено на рис. 3.

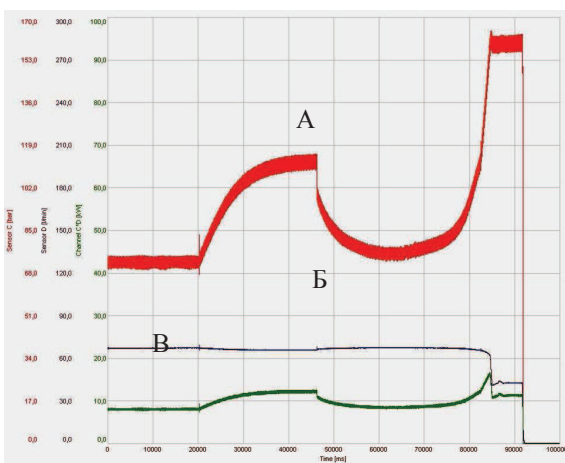


Рис. 3. Результати вимірювання тиску, витрати та розрахунку потужності гідравлічної станції в режимі онлайн: А – тиск, Б – витрата, В – потужність

При аналізі результатів вимірювання тиску помічено, що пульсації його занадто великі (4 бара), тобто виходять за межі допустимих границь, властивих пластинчатим гідронасосам (2 бара). Причини цього встановлювалися згідно відмасштабованого графіку вихідних результатів вимірювання тиску (рис. 4).

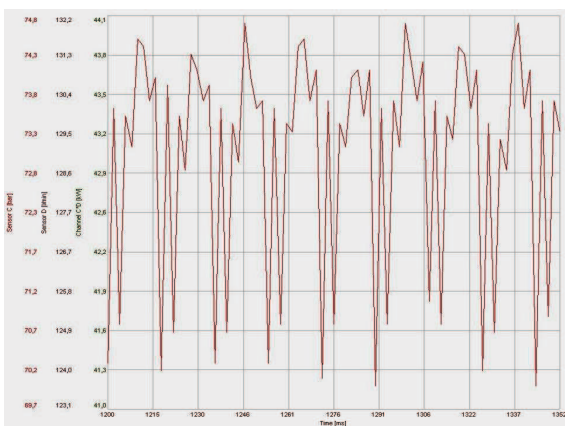


Рис.4. Відмасштабовані результати вимірювання тиску

Якщо порівняти отримані результати вимірювань тиску пульсаційної структури у робочій рідині з дослідженнями, проведеними у [10-12], то можна бачити, що вони мають аналогічний характер і обумовлені явищем схлопувань бульбашок.

Але ці висновки отримані суто теоретично, бо сама дана вимірювальна система не визначає наявності повітряних кульок у системі.

За результатами перевірки внутрішнього механічного стану регулюючих робочих вузлів (гідророзподільника і дроселя) було помічено характерну зруйнованість поверхонь пар тертя, яка є занадто великою для даного минулого терміну експлуатації (пів року) порівняно з тим, що гарантійний строк експлуатації робочих вузлів та станції – 1 рік.

З цього можна зробити висновок про підтвердження актуальності питання про необхідність регулярного тестування робочої рідини та використання актуальних методів аналізу інформаційних сигналів на наявність повітряних кульок в ній, для своєчасної заміни мінерального масла в системі.

Оскільки дії мультимірювальної системи не дозволяють проводити діагностику наявності повітря у рідині, в роботі запропоновано удосконалення цієї вимірювальної системи, шляхом введення у неї узгодженого фільтра.

Створений узгоджений фільтр являє собою фільтр для відеоімпульсів [13].

За основу моделі узгодженого фільтра взято типову модель для ЛЧМ імпульса [14]. В задачі дослідження входило дізнатися про можливість використання таких типів схем для відеоімпульсних сигналів, форма яких відповідає сигналу схлопування повітряних кульок (1) в маслопровідних системах.

При моделюванні узгодженого фільтра для виявлення наявності повітряних кульок, частоту дискретизації вхідного відеоімпульсного сигналу за теоремою Котельникова взято рівною 10 МГц. Результати математичного модулювання за допомогою середовища MATLAB процесу виділення серії інформаційних імпульсів (1) моделлю узгодженого фільтра [14] наведено на рис.5.

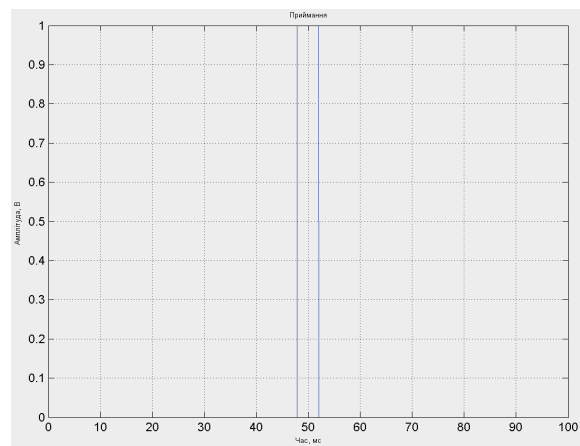


Рис. 5. Сигнал на виході порогового пристрою узгодженого фільтра

За рисунком визначасмо, що в вимірювальному каналі в інтервалі від 48 мс до 52 мс присутній корисний сигнал, обумовлений ударною хвилею.

Проведеними розрахунками підтверджується повна працездатність моделі узгодженого фільтра [14] для пачки із 5-ти інформаційних відеоімпульсів (1).

Принципову схему для реального узгодженого фільтра можна реалізувати на базі типових елементів – активних RC-фільтрів, LC-фільтрів та операційних цифрових підсилювачів, які з задовільною точністю забезпечують інтегрування, посилення, підсумовування сигналів і розв'язку окремих ланок фільтра.

Цифровий узгоджений фільтр (УФ) при підключенні, зі сторони вхідного сигналу, до датчика тиску, а з іншого, до портативного мультівимірювального приладу НМГ3010 (рис.6), буде мати змогу в автоматичному режимі характерним прямокутним імпульсом на заданому інтервалі часу визначати наявність повітряних кульок в рідині.



Рис. 6. Схема підключення узгодженого фільтра до вимірювальної системи НМГ3010

Висновки

За допомогою гідравлічної станції МІ-245 було експериментально підтверджено наявність виникнення ударних хвиль в маслопровідній системі з бульбашками повітря.

Запропоновано за допомогою узгодженого фільтра розширити функціональні можливості вимірювальної системи на предмет визначення її наявності повітряних бульбашок в маслопровідній системі.

Обґрунтовано схему включення фільтра.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гасенко В.Г. Осциллирующие уединенные волны в жидкости с пузырьками газа / В. Г. Гасенко, В. Е. Донцов, В. В. Кузнецов и др. // Изв. СО АН СССР. Сер. техн. наук. -1987. -Т. 21.- № 6.- с. 43–45.
2. Tomita Y. High-speed photographic observations of laser-induced cavitation bubbles in water / Y. Tomita, Shima A. – Acustica. 1990. V. 71. p. 161–171.
3. Гельфанд Б.Е. Усиление ударных волн в неравновесной системе жидкость – пузырьки растворяющегося газа / Б. Е. Гельфанд, В. В. Степанов, Е. И. Тимофеев, С. А. Цыганов // Докл. АН СССР. -1978.- Т. 239.- № 1.-с. 71–73.
4. Борисов А.А. Усиление ударных волн в жидкости с пузырьками пара и растворяющегося газа / А. А. Борисов, Б. Е. Гельфанд, Р. И. Нигматулин и др. // Докл. АН СССР.- 1982. -Т. 263.- № 3. -с. 594–598.
5. Накоряков В.Е. Усиление амплитуды волн давления в парожидкостной среде пузырьковой структуры / В. Е. Накоряков, Е. С. Вассерман, Б. Г. Покусаев, и др. // Теплофизика высоких температур.- 1994. -Т. 32.- № 3.-с. 411–417.
6. Tepper W. Experimental investigation of the propagation of shock waves in bubbly liquid-vapour mixtures / W. Tepper – Proc. of the 14th Intern. symp. on shock tubes and shock waves, Sydney, Australia, Aug. 19–22, 1983. Sydney: New South Wales Univ. Press, 1983. p. 397–404.
7. Донцов В.Е. Отражение волн давления умеренной интенсивности от твердой стенки в жидкости с пузырьками легко растворимого газа / В. Е. Донцов. // ПМТФ.- 1998. -Т. 39.- № 5.- с. 19–24.
8. Сахацкий В.Д. Применение вейвлет –анализа для обнаружения воздушных пузырьков в маслопроводных системах управления механизмами дорожных машин/ В.Д. Сахацкий, Д.Е. Лихачев // Технология приборостроения.- 2015.- №1.- с. 24-27
9. Аврунин Г.А. Объёмный гидропривод и гидропневмоавтоматика: Учебное пособие / Г. А. Аврунин, И. В. Грицай, И. Г. Кириченко, И. И. Мороз, О. В. Шербак – Харьков: ХНАДУ, 2008.- 123с.
10. Донцов В.Е. Распространение волн давления в газожидкостной среде кластерной структуры / В. Е. Донцов // ПМТФ -2005. -Т.46.- № 3. -с. 50–60.
11. Донцов В.Е. Взаимодействие ударной волны со сферическим газожидкостным кластером / В. Е. Донцов // ПМТФ.- 2004.- Т. 45.- №1.-с.17-23/
12. Сычев А.И. Сильные ударные волны в пузырьковых средах / А. И. Сычев // Журнал технической физики.- 2010.- Т.80.- Вып.6.- с. 31–35.
13. Реализация согласованных фильтров / Материали сайту scask [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://scask.ru/book_brts.php?id=81. – Заголовок з екрану.
14. Цифровой согласованный обнаружитель сигналов / Материали сайту xreferat.com [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://xreferat.com/38/2315-1-cifrovoi-y-soglasovannyiy-obnaruzhitel-signalov.html>. – Заголовок з екрану.