

Аналіз динаміки розробки нових засобів демпфірування негативних коливань, що виникають при роботі одноківшевого екскаватора з гідромолотом

Володимир Рашківський¹, Роман Бордюг²

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03680

¹rashkyvskyu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5369-6676>

²bordyugrom@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0175-837X>

Отримано 14.09.2018; прийнято 10.11.2018

DOI: 10.31493/gbdmm1892.0402

Анотація. На сьогоднішній день зберігається тенденція використання землерийної техніки зі змінними робочими органами. З точки зору технології виконання робіт це має економічно доцільне обґрунтування [1]. Проте, якщо розглядати довговічність окремих вузлів машини, така експлуатація базової машини призводить до різкого зменшення її довговічності та погіршення експлуатаційних показників, особливо у випадку використання робочих органів активної дії. Гідромолот є активним видом обладнання, що динамічно впливає на базову машину. Під час роботи гідромолота на базову машину діє знакозмінна сила, спрямована уздовж поздовжньої осі молота, обумовлена зворотно-поступальним рухом бойка гідромолота. Динамічний вплив гідромолота на базову машину виявляється у створенні більш високого вібраційного навантаження, ніж при використанні змінного обладнання інших видів. Підвищений рівень вібраційних навантажень є причиною різкого погіршення експлуатаційних показників машини, що може нівелювати економічну доцільність використання змінного робочого обладнання.

Практично проблема гасіння негативних коливань вирішується шляхом використання віброізоляції окремих вузлів машини: внутрішніх вузлів змінного навісного обладнання, елементів підвіски навісного обладнання на базову машину, стрілового обладнання тощо. Засобами ізоляції можуть бути демпфери, системи демпферів або поліуретанових подушок в конструкції гідромолота або систем його навіски на базову машину. Тому доцільним є пошук та аналіз технічних рішень віброізоляції навісного

ударного обладнання одноківшевого екскаватора з метою визначення актуальності даної проблеми та подальшого аналізу технічних рішень. Аналіз доцільно проводити по міжнародній класифікації винаходів шляхом патентного пошуку, що найбільш повно відображає реальний стан розвитку визначеної галузі.

Ключові слова: екскаватор, гідромолот, динамічні навантаження, негативні коливання, вібрації, демпфірування, підвіска гідромолота.

ВСТУП

Одноківшеві екскаватори широко застосовуються в будівництві. За останні роки види змінного навісного обладнання, яке може встановлюватись на екскаватор значно розширились, що дозволяє використовувати його в більш широкому спектрі робіт. Екскаватор може бути обладнаний (Рис. 1) [2, 14, 15]:

- допоміжним подрібнювачем – для високоефективного подрібнення негабаритних уламків бетонних конструкцій;
- гідромолотом – для швидкого виконання руйнівних робіт: різання покриття, ущільнення, руйнування асфальтобетонного покриття, кам'яної кладки, залізобетонних конструкцій, тротуарів або під'їзних шляхів, розробки ґрунтових масивів, первинного та вторинного руйнування в добувній галузі та прокладання траншей в скельних масивах;



Рис. 1. Змінне навісне обладнання одноківшевого екскаватора

Fig. 1. Single-bucket excavator equipment

- гідроножицями – для руйнування будівель та різання металобрухту;
- мультипроцесорами, які є багатофункціональним обладнанням для руйнівних робіт широкого діапазону завдяки оснащенню змінними щелепами;
- ямобурами – для підготовки ям під опори, дорожні знаки та огорожі, а також для виконання сільськогосподарських та ландшафтних робіт;
- грейферними захватами – для виконання навантажувально-розвантажувальних робіт.

За винятком гідромоцота, майже всі типи змінного навісного обладнання використовуються або для суто спеціалізованих робіт, або в незначні проміжки часу під час будівництва [3].

МЕТА РОБОТИ

Визначення тенденцій, стану, факторів впливу у вирішенні задачі віброізоляції навісного ударного обладнання одноківшевого екскаватора та пошук удосконалених або нових технічних рішень цієї задачі для подальшого їх аналізу.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Гідромоцот – це активний вид робочого обладнання, який динамічно впливає на базову машину та оператора екскаватора [4]. Динамічний вплив виявляється у виникненні негативних (механічних) коливань, спричинених роботою гідромоцота. На відміну від машин або змінного обладнання, де механічні коливання (вібрації) використовуються для виконання корисної роботи, наприклад, ущільнення, коливання, спричинені роботою гідромоцота, негативно впливають на експлуатаційні показники базової машини й здоров'я оператора [5]. Негативні коливання – це механічні коливання (вібрації), які чинять негативний вплив на машину та оператора, що знаходяться в частотному діапазоні 1,6...1000Гц [6]. На території країн Європейського союзу була прийнята директива EC Directive 2006/42/EC (Machinery Directive) Європейським парламентом та Радою Європейського союзу, відповідно до якої машини та механізми мають бути спроектовані та виготовлені таким чином, щоб їх експлуатація не наражала на ризик здоров'я людей та навколишнє середовище при дотриманні

Таблиця 1. Регламент пошуку

Table 1. Search regulation

Предмет пошуку	Класи за МПК	Джерела інформації
1. Засоби демпфування негативних коливань, що виникають при роботі гідромолота	E02F 3/966 E02F 9/22 B25D 17/24	«Googlepatent»: patents.google.com «Espacenet»: Ep.espacenet.com «Роспатент»: www.fips.ru «База патентів України»: uapatents.com

правил техніки безпеки, а також у випадках передбачуваного неправильного використання [7]. Директива визначає єдиний рівень безпеки, необхідний для виключення нещасних випадків при допуску машин та механізмів на ринки Європейського союзу, а також Швейцарії та Турції. Таким чином, дана директива встановлює єдині гармонізовані стандарти безпеки машин та всій території ЄС.

В результаті виробники гідромолотів мають розробити віброзахисні засоби та обладнати ними свою продукцію. Тому для пошуку та подальшого аналізу розроблених засобів проведемо патентний пошук.

Для пошуку патентної документації будуть використовуватись джерела інформації в глобальній мережі інтернет: «Google Patents» (patents.google.com) [8], «Espacenet» (espacenet.com) [9], «Роспатент» (fips.ru) [10], «База патентів України» (uapatents.com) [11].

На основі джерел інформації визначимо регламент пошуку [12] (Табл. 1).

Згідно з міжнародною патентною класифікацією необхідна документація потрапляє до класу E02F 3/966, B25D 17/24 [12,13]. Однак, в процесі пошуку було встановлено, що запатентовані технічні рішення в СРСР та Росії потрапляють до класу E02F 9/22 [12, 13]. В результаті пошуку для подальшого аналізу було відібрано 38 патентів з ретроспективою пошуку 30 років, оскільки було встановлено, що починаючи з 1988 року почалось патентування технічних рішень, які відповідають сучасним конструкціям гідромолота та його підвіски на базову машину.

Для початку розподілимо патентну документацію за кількістю та роком подання заявки, щоб зрозуміти динаміку патентування, в результаті чого можна побачити зацікавленість в цьому напрямку.

Як видно з Рис. 2, зацікавленість цим напрямком з'явилась у 1988 році задовго до прийняття директиви ЄС Directive 2006/42/EC (Machinery Directive), однак він не мав значного поширення до 2000 р. Значний інтерес до напрямку з'явився у період з 2000 до 2003 року. У цей період було за-

Розподілення патентів та роком подання та кількістю

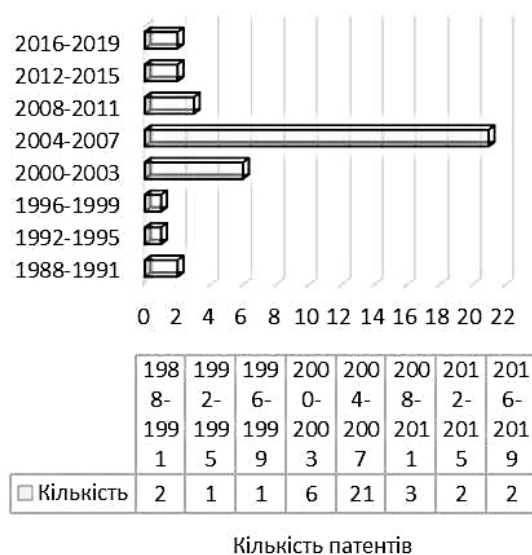


Рис. 2. Розподілення патентів за роком заявки та кількістю

Fig. 2. Patents distribution by year of submission and quantity

патентовано шість технічних рішень. З графіку видно значне посилення інтересу у період з 2004 до 2007 року, в якому було запатентовано 21 технічне рішення. Перш за все це пов'язано із прийняттям нормативно-правових актів [7] на території країн ЄС, які забороняють використовувати гідромолот без вібро- та шумоізоляції, оскільки його робота без даних заходів чинить значний негативний вплив на оператора, оточуючих та навколишнє середовище. Однак пізніше, починаючи з 2008 року зацікавленість до даного напрямку значно знизилась.

Розподілення за датою заявки та кількістю патентів від країни-заявника у певний проміжок часу (Рис. 3) дає змогу побачити у яких країнах та коли велися активні роботи у даному напрямку.

Розподілення за датою заявки та кількістю патентів від країни-заявника у певний проміжок часу

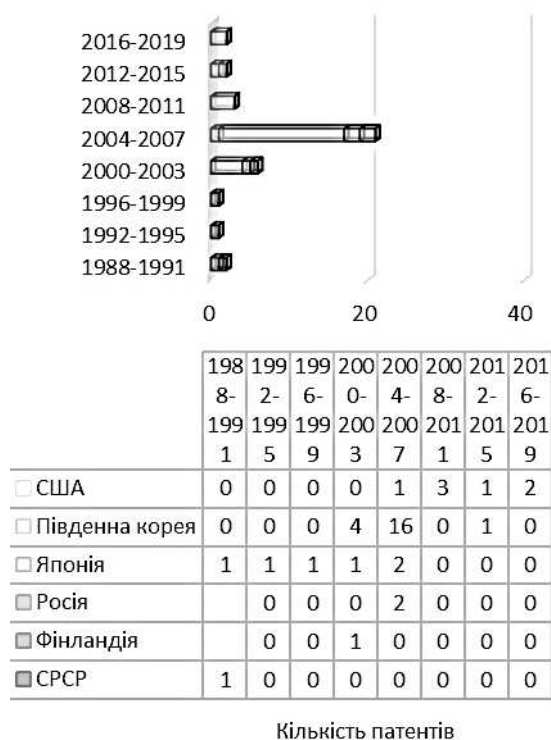


Рис. 3. Розподілення за датою заявки та кількістю патентів від країни-заявника у певний проміжок часу

Fig. 3. Distribution by the date of the application and the number of patents from the applicant country at a certain time

Роботи розпочались в Японії та СРСР у період з 1988 до 1991 року, було запатентовано по одному технічному рішенню. В період з 1992 до 1999 року роботи продовжувались тільки в Японії, в результаті було запатентовано ще два технічні рішення. Починаючи з 2000 року роботи були розпочаті в Південній Кореї, де було запатентовано чотири патенти, та по одному в Японії, Фінляндії та США. В період з 2004 до 2007 року в Південній Кореї було розроблено 16 технічних рішень, два в Японії та два в Росії. З 2008 року активніше проводились роботи в США, де в період з 2008 до 2011 року було запатентовано три патенти. Пізніше в США продовжились роботи по даному напрямку. В період з 2012 до 2015 року в США та Південній Кореї було запатентовано по одному технічному рішенню. В період з 2016 до 2019 року в США були розроблені ще два патенти.

Розподілення патентів за кількістю та організацією-власником патенту (Рис. 4) дасть змогу зрозуміти, які саме організації або установи займаються даним напрямком. В результаті аналізу було встановлено, що значна частина патентів належить приватним особам. Однак, майже всі інші патентні рішення належать установам-виробникам гідромолотів: Caterpillar – шість патентів; Soosan Heavy Industries – два патенти; Nippon Pneumatic Manufacturing Co Ltd – два патенти й т.д.

Проблема негативного впливу на оператора та базову машину, спричиненого роботою гідромолота, зберігає постійну актуальність. На розглянутому проміжку часу з 1988 до 2019 року було зафіксовано повільне зростання зацікавленості до даної проблеми із значним сплеском зацікавленості у період з 2004 до 2007 року, що спричинено прийняттям законодавчих норм на території країн ЄС.

Найбільшої уваги ця проблема отримала у Південній Кореї, США та Японії. Однак, з 2000 років Японія більше не приймала участі у вирішенні проблеми, та після значного сплеску у 2004 – 2007 роки у Південній Кореї зацікавленість до проблеми значно впала, в той час як США активно вирішували цю задачу.

Розподілення патентів за кількістю та організацією-власником патенту

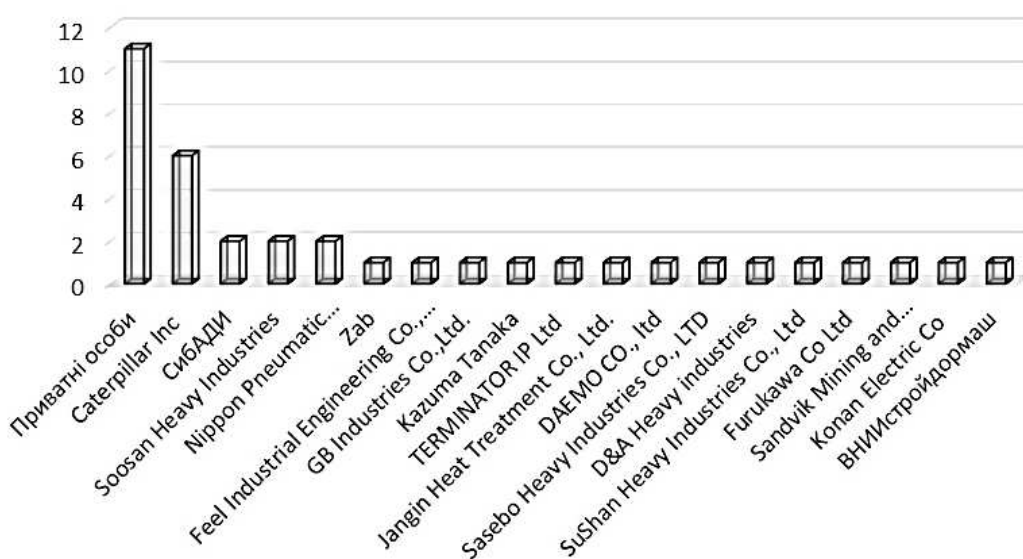


Рис. 4. Розподілення патентів за кількістю та організацією-власником патенту

Fig. 4. Patents distribution by quantity and organization-holder of the patent

В результаті розподілення патентів за організацією-власником патенту та кількістю було встановлено, що найбільше технічних рішень проблеми було запропоновано виробниками обладнання. Також вирішенням проблеми займалися приватні особи та науково-освітні установи. Серед установ найбільше технічних рішень було запропоновано Caterpillar – шість патентів, Сибірський державний автомобільно-дорожній університет (Росія) – два патенти, Soosan Heavy Industries – два патенти та Nippon Pneumatic Manufacturing Co Ltd – два патенти, в той час як значну кількість було запропоновано приватними особами – 12 патентів.

ВИСНОВКИ

Для визначення актуальності проблеми віброізоляції навісного ударного обладнання одноківшевих екскаваторів проведено патентний пошук. Для пошуку не було встановлено конкретних часових меж, однак в процесі пошуку встановлено, що патентування технічних рішень які відповідають сучасним конструкціям гідромолотів

та їх підвісок почалось у 1988 році, в результаті чого часовий проміжок склав 30 років.

У результаті пошуку було знайдено 38 патентних рішень. На всьому часовому проміжку проблема віброізоляції навісного ударного обладнання зберігає постійну актуальність, було зафіксовано значне збільшення зацікавленості у період з 2004 до 2007 року, що пов'язано з прийняттям законодавчих норм на території країн ЄС.

Аналіз показав, що даним напрямком займалися приватні особи, науково-освітні установи, науково-дослідні інститути та організації-виробники обладнання, що свідчить про актуальність та важливість даної проблеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Соколов І.А.** Обоснование эффективности использования многоцелевых строительных машин при производстве земляных работ / И.А. Соколов // Вісник Придніпровської академії будівництва та архітектури, - №. 11, – 2015. – С. 61-66.
2. **Інтернет-ресурс виробника обладнання Caterpillar.** Спосіб доступу:

- https://www.cat.com/en_US/products/new/attachment-solutions/attachments-by-equipment-type/excavator-attachments.html (дата звернення 14 березня 2019).
- Добронравов С.С.** Строительные машины и оборудование / С.С. Добронравов. – М.: Высшая школа, – 1991. – 456 с.
 - ЕНиР.** Сборник Е2. Земляные работ. Москва, Стройиздат – 1987.
 - Дмитревич Ю.Ю.** Влияние гидромолота на базовую машину. / Ю.Ю. Дмитриевич // Основные средства, – № 2, – 2007. – С. 101-109.
 - Челомей В.Н. и др.,** Вибрации в технике. Справочник в 6 томах. / В.Н. Челомей. – М.: Машиностроение, Том 6, – 1981. – 455 с.
 - DIRECTIVE 2006/42/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL** of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC. – 2006.
 - Пошук патентів через ресурс Googlepatent.** Спосіб доступу: patents.google.com (дата звернення 14 березня 2019).
 - Пошук патентів через ресурс Esp@cenet.** Спосіб доступу: ep.espacenet.com (дата звернення 14 березня 2019).
 - Пошук патентів через ресурс Роспатент.** Спосіб доступу: www.fips.ru (дата звернення 14 березня 2019).
 - Пошук патентів через ресурс База патентів України.** Спосіб доступу: uapatents.com (дата звернення 14 березня 2019).
 - ДСТУ 3575-97, 1997.** Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення.
 - Міжнародна патентна класифікація 01.2019.** Спосіб доступу: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/> (дата звернення 14 березня 2019).
 - Сукач М.** Обоснование принципов усовершенствования упругих устройств / М. Сукач // Гірничі,будівельні, дорожні та меліоративні машини, – Вип. 91. – 2018.– С. 28-35
 - Mishchuk D.** Development of the mathematical model a single stage pulse hydraulic drive / D. Mishchuk // Transfer of Innovative Technologies. – Vol. 1(2), – 2018. – P. 51-57.
 - akademiyi budivnytstva ta arkhitektury,** Iss. 11, 61-66 (in Russian).
 - Website of original equipment manufacturer Caterpillar.** Available at: https://www.cat.com/en_US/products/new/attachment-solutions/attachments-by-equipment-type/excavator-attachments.html (accessed 14 march 2019).
 - Dobronravov S.S., 1991.** Construction machines and equipment. Moscow, Higher School, 456 (in Russian).
 - Uniform Norms and Rules, 1987.** Volume E2. Earthmoving works. Moscow, Stroyizdat (in Russian).
 - Dmitrevich U.U., 2007.** Hydraulic hammer impact on machine. Osnovnyye sredstva, Iss. 2, 101-109 (in Russian).
 - Chelomei V.N. and others, 1981.** Vibrations in technics. Directory in 6 Volumes. Moscow, Mechanical engineering, Vol. 6, 455 (in Russian).
 - DIRECTIVE 2006/42/EC, 2006.** OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC.
 - Search for patents using Googlepatent.** Available at: patents.google.com (accessed 14 march 2019).
 - Search for patents using Esp@cenet.** Available at: ep.espacenet.com (accessed 14 march 2019).
 - Search for patents using Rospatent.** Available at: www.fips.ru (accessed 14 march 2019).
 - Search for patents using Uapatents.** Available at: uapatents.com (accessed 14 march 2019).
 - DSTU 3575-97, 1997.** Patent research. Main rules and scheme of conduction (in Ukrainian).
 - International patent classification 01.2019.** Available at: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/> (accessed 14 march 2019).
 - Сукач М., 2018.** Justification of the principles of improvement elastic devices. Girnychi, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny [Mining, construction, road and melioration machines], Nr.91, 28-35.
 - Mishchuk D., 2018.** Development of the mathematical model a single stage pulse hydraulic drive. Transfer of Innovative Technologies, Vol. 1(2), 51-57.

REFERENCES

- Sokolov I.A., 2015.** Substantiation of efficiency of the multi-purpose construction machinery in earthworks. Visnyk Prydniprovskoyi

Dynamics analysis of new devices development for counteracting negative oscillations arising from the operation of a single-bucket excavator with a hydraulic hammer

Volodymyr Rashkivskiy, Roman Bordyug

Abstract. Today, there is a tendency to use earthmoving equipment with replaceable working bodies. From the point of view of production technology, this has an economic foundation. However, if we consider the durability of individual components of the machine, such operation of the base machine leads to a sharp decrease in its durability and deterioration of its performance, especially in the case of the use of working bodies of active action. Hydraulic hammer, unlike other types of replaceable working bodies, is an active type of equipment that dynamically affects the base machine. During the operation of the hydraulic hammer, the alternating force acts on the base machine, which is directed along the longitudinal axis of the hammer, due to the reciprocating movement of the piston. The dynamic impact of the hydraulic hammer on the base machine is also shown in the creation of a higher vibration load than when using replaceable equipment of other types. The increased level of vibration loads causes

a sharp deterioration in the operating performance of the machine, which can reduce the economic foundation of using interchangeable working equipment.

Practically, the problem of damping negative oscillations is solved by using the vibration isolation of individual components of the machine: the internal components of the replaceable attachments, the suspension components of the attachments on the base machine, boom equipment, and the like. The means of isolation can be dampers, damping systems or polyurethane pillows in the design of the hydraulic hammer or its hinge systems on the base machine. Therefore, it is expedient to search and analyze technical solutions for vibration isolation of mounted shock equipment of a single-bucket excavator in order to determine the relevance of this problem and further analysis of technical solutions. The analysis should be carried out according to the international classification of inventions through patent search, which most fully reflects the real state of development of a particular industry.

Key words: excavator, hydraulic hammer, dynamic loads, negative oscillations, vibrations, damping, hydraulic hammer suspension.