

АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЇ ТА ШУМУ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

У статті розглядаються нові принципи та підходи до розробки систем та їх окремих датчиків щодо вимірювання параметрів вібрації та рівня шуму будівельних машин. Пропонується використання багатовекторних датчиків. За допомогою спеціально запрограмованих логічних контролерів з'являється можливість визначення напрямку вібрації. Завдяки впровадженню як найменше трьох датчиків з'являється можливість визначення місця джерела надлишкової вібрації у складних механічних приладів. Такий спосіб надає можливість визначення несправного елемента або вузла механічного виробів. Окрім вібрації часто робота будівельних машин пов'язана з надзвичайним рівнем шуму. Рівень шуму приділяється нормами, яких повинен притримуватися виробник. Але в ході експлуатації часто рівні шумів можуть змінюватися. Так виникає необхідність в періодичній перевірці як параметрів вібрації та рівня шумів безпосередньо будівельних машин так і параметрів датчиків вимірювальних систем, якими ці характеристики контролюються.

Ключові слова: напрям вібрації, рівень шуму, інформаційно-вимірювальна система, програмовані контролери, будівельні машини.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Здійснюючи контроль за роботою апаратури та технічних пристроїв, перевіряючи їх на надійність і міцність, важливу роль відводять вибору параметрів датчиків вібрації та аналізу шумів, що використовуються відповідними інформаційно-вимірювальними системами. Найбільш актуально це питання піднімається при випробуваннях в екстремальних умовах, коли первинні перетворювачі вимірювальних датчиків працюють на межі своїх характеристик і похибки вимірювань найбільші. Планові регулярні вимірювання параметрів вібрації обов'язково проводяться один раз на рік на виробництві машин, що генерують сигнали вібрації та шуми, а також на промислових та виробничих майданчиках, де працює різноманітне технологічне обладнання. На таких об'єктах, як: крани, будівельна, вантажна, військова техніка; ліфти, особливо вантажні; будівельні інструменти та інші об'єкти генеруються високі рівні вібрації, які часто можуть перевищувати допустимі санітарні норми і можуть впливати на здоров'я як операторів, так і людей, що знаходяться поблизу цих об'єктів.

У деяких випадках жителі міст і населених пунктів мають право на звернення зі скаргою до місцевої влади, на проведення спеціальних експертиз по вимірюванню рівнів вібрації. Експертиза проводиться за загальними правилами, регламентованими методологією вимірювання вібрацій як на робочих місцях оператора (місцева вібрація), так і на об'єктах (загальна вібрація).

В якості первинних чутливих елементів вібрації часто надають перевагу п'єзоелектричним перетворювачам. У більшості випадків такі первинні перетворювачі вимагають підведення енергії для забезпечення їх працездатності, і виведення корисного сигналу. Для перетворювачів генераторного типу перша проблема виявляється вирішеною, а питання виведення корисного сигналу залишається. При цьому необхідно забезпечити жорсткі вимоги механічної надійності, із одночасною стабільністю метрологічних характеристик як в умовах безперервної експлуатації, так і при їх тривалому зберіганні.

Таким чином, дослідження з розробки нових конструкцій первинних перетворювачів і нової технології їх виготовлення, що забезпечує отримання більш високонадійних і високоефективних датчиків, які представляють стабільно достовірну вимірювальну інформацію про стан і працездатність складних технічних об'єктів, є актуальною.

Із налагодження інформаційно-вимірювальних систем витікає необхідність дослідження та визначення параметрів первинних перетворювачів вібрації. При цьому найчастіше

досліджувалися амплітуда та частота вібрацій. До списку основних параметрів слід віднести чутливість та інерційність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1, 2] зазначалось, що важливим параметром датчиків є вектор максимальної амплітуди. Там же було розглянуто контактні методи дослідження вібрацій з застосуванням найбільш простого методу їх реєстрації за допомогою п'єзоелектричних датчиків. Тут реєстрацію переміщень при малих амплітудах вібрацій проводять амплітудним методом по зміні вихідної потужності в разі прохідної схеми включення резонатора або відображеної потужності, у випадку застосування кінцевого включення. Недоліками цього методу вимірювання є високі вимоги до сталості потужності, що підводиться до резонатора та необхідність високої стабільності частоти збудження. В цьому способі реєструється зсув резонансної частоти, що можна зробити з дуже високою точністю. Але такий спосіб стає ефективним тільки у разі малих амплітуд вібрацій коли не виконувались випробування мережевих параметрів.

У датчиків, де спосіб застосування вимірювального перетворювача можна визначити як диференційний, використовується тільки узагальнена інформація від датчика. Такий спосіб вирішує важливу задачу – лінеаризація характеристики датчика практично у всьому його робочому діапазоні, для цього в конструкції датчика чутливі елементи розташовуються попарно симетрично, а для лінеаризації характеристики береться середньо квадратичне значення вихідного параметра кожної пари перетворювачів [2].

Метою роботи є проведення аналізу способів визначення параметрів вібрації та шуму будівельних машин.

Виклад основного матеріалу. В запропонованому раніше методі [3-6] з'являється можливість отримання лінійної характеристики після першого перетворення, що дозволяє значно спростити схеми обробки інформації та зменшити сумарні похибки. При системному підході до знімання інформації отримана можливість з однаковою точністю зняття показників датчика практично з будь-якого напрямку – тобто багатовекторно. В цьому випадку обробка інформації проводиться в програмованому контролері, для діагностування параметрів вібрації необхідні в першу чергу надійні, високоточні датчики. Датчики, які в сьогодні є невіддільною частиною каналів зворотного зв'язку практично будь-якої інформаційно-вимірювальної системи, повинні відповідати зростаючим потребам ринку: вони повинні бути компактними, здатними функціонувати в жорстких умовах експлуатації.

Попередні дослідження були проведені у середовищі MatLAB, і дали позитивні результати. Математичні функції перетворення описані в роботах [3]. Дослідження напряму максимальної амплітуди вібрації датчика дали хороші результати; крім того похибка визначення кута (напряму) максимальної амплітуди склала майже $8,5^\circ$, при заданому куті 220° . В результаті дослідження багатовекторного тензодатчика було визначено напрям максимальної амплітуди датчика з восьмигранною балкою прямого типу та датчика з восьмигранною балкою закрученими гранями. Похибка визначення кута була в межах одного градуса, що в більшості випадків достатньо для визначення напряму джерела вібрації [4].

Акустичні характеристики будівельно-оздоблювальних машин визначаються на їх відповідність чинним нормам. Розрізняють два види нормування: технічне і гігієнічний. Технічне нормування обмежує шумові характеристики машин; гігієнічний направлено на дотримання діючих санітарних норм, що забезпечують безпечні для здоров'я оператора умови.

Ці два види нормування тісно пов'язані між собою, так як власні акустичні характеристики машин визначають і їх гігієнічні характеристики на робочому місці оператора.

Акустична характеристика машини визначається в основному шумом технологічного процесу, який є постійним; шумовий вплив на оператора складаються з шуму машин і шуму перешкод, причому потрібно враховувати і час вплив шуму.

Дослідження проводилися згідно з розробленою методикою визначення і контролю шумових характеристик машини ІВ-92 - електричного вібратора, який призначений для ущільнення бетону, транспортування, вивантаження, просіювання сипучих матеріалів.

Методика розроблена на підставі діючих ГОСТів і конкретизує положення цих стандартів відповідно до специфіки роботи вібратора [10, 11].

Таблиця 1

Шумова характеристика, дБ	Зав. №№	Середньо геометричні частоти октавних смуг, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівні звукової міцності	7-87	98	69	64	67	73	64	69	68
	9-87	99	72	64	64	73	66	73	68
	10-87	101	69	63	64	72	70	74	69
Максимальний рівень звукової потужності		101	72	64	67	73	70	74	69
Допустимі значення звукової потужності		103	74	66	69	75	72	76	71

Для проведення дослідження були обрані:

- кількість зразків для випробувань - 5;
- випробувальний простір - вільне звукове поле;
- кількість контрольних точок - 8;
- вимірювальна поверхню - на відстані 1 метр від джерела шуму паралелепіпеда що огинає;
- шумові характеристики машини: рівні звукової потужності в основних смугах частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц у відповідності з ГОСТ 12.1.026-80;
- шумова характеристика машин на робочому місті оператора – середній еквівалентний рівень звука ДБА;
- час роботи оператора за робочу зміну – 240 хв.;
- обробка результатів вимірювань – згідно з ГОСТ 12.1.050-86; ГОСТ 12.1.03-83;
- контроль відповідності фактичних параметрів шуму на робочому місті оператора значенням що допускаються за ГОСТ 12.1.003-83 и СН 3223-85.

Усереднені результати рівнів звукового тиску вібратора електричного ІВ-92, максимальний і допустимий рівні наведені в табл. 1. Результати вимірів середнього рівня звуку, еквівалентного (з урахуванням тривалості роботи оператора - зменшені на 3 дБ), наведені в табл. 2 [10].

Таблиця 2

Зав. №№	Результати замірів, дБ					Середн. рівень звука, дБ	Еквів. рівень звука	Доп. рівень звука за ГОСТ 12.1.003-83, дБ	Доп. рівень звука, дБ, за СН 3223-85
	1-го	2-го	3-го	4-го	5-го				
7-87	70	68	69	71	70	70	67	85	80
7-87	72	71	72	72	71	72	69		
10-87	70	69	69	72	72	70	67		

З метою розширення вказаних можливостей використовуються електронні системи, що базуються на інструментах з можливістю проектування Arduino. Arduino – це електронний пристрій для розробки та проектування електронних схемних рішень, які надають більше можливості взаємодії з навколишніми будь-якими датчиками та дозволяють проводити обробку їх даних. Платформа призначена для «physical computing» з відкритим програмним кодом. Вона побудована на достатньо простій друкованій платі з сучасним середовищем.

Електронні пристрої Arduino можна використовувати як інформаційно-вимірювальну

систему для приймання сигналів від різних цифрових і аналогових датчиків, які можуть бути підключені до нього, а також для управління різними виконавчими пристроями або окремими інтелектуальними датчиками. Проекти пристроїв, які засновані на Arduino, можуть працювати самостійно або взаємодіяти з програмним забезпеченням на комп'ютері. [5].

Для здійснення модулів існує безліч мікроконтролерів і платформ, що пропонують схожу функціональність. Всі пристрої повинні об'єднувати розрізнену інформацію від різноманітних датчиків. Програмне забезпечення Arduino працює під різними оперативними системами: більшість мікроконтролерів обмежується Windows. Середовище програмування Arduino достатньо просте і зрозуміле та підходить для користувачів будь якого рівня.

Висновки. Зменшення вібрації машин і виробничого обладнання, оздоровлення праці і побуту людей набувають все більшого значення. Проблеми, пов'язані з оцінками вібрації, стосуються як встановлення їх допустимих рівнів при впливі на людину, так і характеристик вібрації випромінюваних джерелами. При дослідженні датчиків для проведення вібраційних випробувань доцільно використовувати інформаційно-вимірювальні системи з використанням програмованих логічних контролерів, що дозволяє здійснювати контроль та корегувати параметри перетворювачів на межі характеристик. Все це дає можливість розробки універсальних модулів, які можна використовувати окремо як будь-яку інформаційно-вимірювальну систему, так і сполучати з іншими системами. За результатами проведеного експерименту отримано шумові характеристики вібратора ИВ-92 та визначена шумова характеристика на робочому місті оператора – середній еквівалентний рівень шуму, який не перевищує того, що припущено за СН 3223-85.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Інформаційна політика України: Європейський контекст / Леонід Губерський, Євген Камінський, Євгенія Макаренко и др.. - К.: Либідь, 2007. – 358 с.
2. Кветний Р. Основи техніки передавання інформації. Підручник. Р. Кветний, М. Компанець, С. Кривоугбченко, А. Кулик. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2002. – 358 с.
3. Лещенко О.И. Исследование вибрационных характеристик поверхностного вибратора / О.И. Лещенко, И.И. Садковская // Тези доповідей ІХ Міжнародної науково-практичної конференції “Військова освіта і наука: сьогоднішня та майбутня” / за заг. редакцією В.В. Балабіна. – К.: – ВІКНУ, 2013. – 378 с.
4. Multivectorial differential transformers of vibration of the informative measuring system / Лещенко О.І., Банзак О.В., Зборовська І.А., Садковська І.І. Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості 2(5). Одеса, 2014. С. 84 - 88.
5. Лещенко О.І. Загальні принципи визначення параметрів вібрації / О.І. Лещенко, Е.М. Притуляк., К.О. Лещенко, О.Г. Янковський // Метрологія, технічне регулювання, якість: досягнення та перспективи: матеріали шостої Міжнародної науково-практичної конференції. Одеса, 11-12 жовтня 2016 р. – Одеса: ОДАТРЯ, 2016. – С. 144.
6. E. Pritulyak "Features of definition parameters of vibration" KONFERENCJA STUDENCKICH KÓŁ NAUKOWYCH Pionu Hutniczego Materiały konferencyjne Kraków, 11.05.2017, -288, 293
7. Інформаційна система [Електронний ресурс] / Портал : Arduino — Режим доступу \www/http://arduino.ru/ доступ умовно-вільний, 13.9.2017.
8. Величко О.М, Коломієць Л.В, Гордієнко Т.Б. Оцінювання результатів вимірювань; основи і нормативне забезпечення; Підручник, Одеса, ВМХ, 2010.
9. Грановский В.А; Сирая Т.С. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. Л., Энергоатом издат, 1990.
10. Зборовская І.А. «Исследование шума и вибраций строительно-отделочных машин», Отчет о НИР, ОТИПП, 1989.
11. Інформаційна система [Електронний ресурс] / Портал: ТД «Пневмо-комплект» Пневматическое, вибрационное и электротехническое оборудование для строительных и монтажных работ — Режим доступу \www/http://pnevmο-c.com.ua/poleznie_stati_proizvodstvo_vibratorov.html доступ умовно-вільний, 10.9.2017.
12. Лещенко О.І. Дослідження методів покращення характеристик датчиків вібрації та шумів / О.І. Лещенко, Е.М. Притуляк., К.О. Лещенко // XIII Міжнародної НПК "Військова освіта і наука:

REFERENCES:

1. Informaciyna politika Ukraini: Eveopeyskiy kontekst / Leonid Guberskiy, Evgen Kaminskiy, Evgeniya Makarenko i dr.. - K.: Libid, 2007. – 358 s.
2. Kvetniy R. Osnovi tehniky peredavannya informazij. Pidruhnik. R. Kvetniy, M. Kompanez, S. Krivogubhenko, A. Kulik. – Vinniza: UNIVERSUM, 2002. – 358 s.
3. Lehenko O.I. Issledovanie vibracionnih karakteristik poverhnostnogo vibratora / O.I. Lehenko, I.I. Sadkovskaya // Tezi dopovidey IX Miznarodnoy naukovopraktichnoy konferenziiy "Viyskova oavita i nauka: sogodniya ta maybutne" / za zag. redakzief B.B. Balabina. – K.: – VIKNU 2013. – 378 s
4. Multivectorial differential transformers of vibration of the informative measuring system / Lehenko O.I., Banzak O.V., Zborovska I.A., Sadkovskaya I.I. Zbirnik naukovih praz Odeskoy derzavnoy akademiy tehnihnogo reguluvannya ta yakosti 2(5). Odesa, 2014. S. 84 - 88.
5. Lehenko O.I. Zagalni prinzipi viznachenya parametriv vibraciiy / O.I. Lehenko, E.M. Pritulak., K.O. Lehenko, O.G. Yankovskiy // Metrologia, tehnihe reguluvannya, yakist: dosyagnena ta perspektivi: materialy hostoy Miznarodnoy naukovopraktichnoy konferenziiy. Odesa, 11-12 zovtna 2016 r. – Odesa: ODATRY, 2016. – S. 144.
6. E. Pritulyak "Features of definition parameters of vibration" konferencija studenckich kól naukovych Pionu Hutniczego Materialy konferencyjne Kraków, 11.05.2017, -288, 293
7. Informaziyna sistema [Elektronniy resurs] / Portal : Arduino — Rezim dostupu \www/http://arduino.ru/ dostup umovno-vilniy, 13.9.2017.
8. Velihko O.M, Kolomiez J.V, Gordienko T.B. Ozinuvannya rezultativ vimiriuvan; osnovi i normativne zabezpehennia; Pidruhnik, Odesa, BMX, 2010.
9. Granovskiy B.A; Siraya T.S. Metodi obrabotki eksperimentalnih dannih pri izmereniyah. L., Energoatom izdat, 1990.
10. Zborovska I.A. «Issledovanie huma i vibraciiy stroitelno-otdelohnih mahin», Othet o NIR, OTIPP, 1989.
11. Informaziyna sistema [Elektronniy resurs] / Portal : TD «Pnevmo-komplekt» Pnevmatiheskoe, vibracionnoe i elektrotehniheskoe oborudovanie dla stroitelnih i montaznih rabot — Rezim dostupu \www/http://pnevmo-c.com.ua/poleznie_stati_proizvodstvo_vibratorov.html dostup umovno-vilniy, 10.9.2017.
12. Lehenko O.I. Doslidzenna metodiv pokrahenna karakteristik dathikiv vibraciiy ta humiv / O.I. Lehenko, E.M. Pritulak., K.O. Lehenko, // Tezi dopovidey IIIX Miznarodnoy naukovopraktichnoy konferenziiy "Viyskova oavita i nauka: sogodniya ta maybutne" Київ. 24.11.2017 р.. – K.: VIKNU: 2017. – С. 48.

Рецензент: д.т.н., проф. Ленков С.В., головний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

к.т.н., доц. Лещенко О.И., Притуляк Е.В., Лещенко Е.О., к.т.н., доц. Банзак Г.В.

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ И ШУМА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

В статье рассматриваются новые принципы и подходы к разработке систем и их отдельных датчиков по измерению параметров вибрации и уровня шума строительных машин. Предлагается использование многовекторных датчиков. С помощью специально запрограммированных логических контроллеров появляется возможность определения направления вибрации. Благодаря внедрению как минимум трех датчиков появляется возможность определения источника избыточной вибрации у сложных механических приборов. Такой способ предоставляет возможность определения неисправного элемента или узла механического изделий. Кроме вибрации часто работа строительных машин связана с чрезвычайным уровнем шума. Уровень шума определяется нормами, которых должен придерживаться производитель. Но в ходе эксплуатации часто уровни шумов могут меняться. Так возникает необходимость в периодической проверке параметров вибрации и уровня шума как строительных машин, так и параметров датчиков измерительных систем, которыми эти характеристики контролируются.

Ключевые слова: направление вибрации, уровень шума, информационно-измерительная система, программируемые контроллеры, строительные машины.

Ph.D. Leshchenko O.I., Pritulyak E.V., Leshchenko E.O., Ph.D. Banzak G.V.
ANALYSIS OF PARAMETERS OF VIBRATION AND NOISE BUILDING MACHINES

In clause new principles and approaches to system engineering and their separate gauges on measurement of parameters vibration and noise level of building machines are considered. Use of multivector gauges is offered. By means of specially programmed logic controllers there is an opportunity of definition direction vibrations. Owing to introduction at least three gauges there is an opportunity of definition source of superfluous vibration at complex mechanical devices. Such way gives an opportunity of definition faulty element or unit mechanical products. Except for vibration often work of building machines is connected with extreme noise level. Noise level is defined by norms which the manufacturer should adhere. But during operation levels of noise can often vary. So there is a necessity for periodic check of parameters of vibration and noise level both building machines, and parameters of gauges of measuring systems by which these characteristics are supervised.

Keywords: vibration direction, noise level, information and measurement system, programmable controllers, construction machines.