

ПОЛІЩУК ЛЕОНІД

Вінницький Національний Технічний Університет

<https://orcid.org/0000-0002-5916-2413>e-mail: leo.polishchuk@gmail.com

КУДРАШ ВІТАЛІЙ

Вінницький Національний Технічний Університет

<https://orcid.org/0000-0003-0380-8120>e-mail: lisovoy844@gmail.com

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ТИПУ ВІБРОЗБУДУВАЧА ДЛЯ ІНЕРЦІЙНИХ ВИБІВНИХ РЕШІТОК

Лиття є одним із типових способів отримання заготовок у машинобудуванні та інших галузях. Зокрема лиття у піщані форми є найбільш поширеним методом для чорних та кольорових металів. Використання цього способу лиття вимагає подальшої вибірки виливків із форм та опок, що є складною технологічною операцією, яка вимагає застосування різних видів відповідного вібраційного обладнання зокрема інерційних вибивних решіток. Автоматизація та безперервний розвиток виробництва ставить задачі щодо модернізації вібраційного обладнання та розробки нових конструктивних рішень з урахуванням можливості забезпечення необхідних режимів роботи, специфічних умов експлуатації, вимог до довговічності, безвідмовності, ремонтприданості та безпеки використання. Важливим конструктивним елементом вібраційного обладнання є віброзбуджувачі, від яких залежить ефективність процесу вилучення виливків із опок. Проаналізовано відомі технічні рішення віброзбуджувачів присвячених вирішенню цієї задачі та виділено основні напрямки удосконалення конструкції віброзбуджувачів, а також проблеми, що потребують пошуку ефективних рішень. Розглянуто типові конструкції та проаналізовано найбільш поширені види вібраційного обладнання для вибивання виливків. Виділено основні типи приводів віброзбуджувачів, що використовуються в інерційних вибивних решітках залежно від специфіки виробництва. Якими є – ексцентрикові, кулачкові, дебалансні, пневматичні та електромагнітні. Здійснено аналіз конструкцій віброзбуджувачів та їх приводів і виокремлено основні переваги та недоліки. Зроблено висновок про необхідність і доцільність зменшення ваги та спрощення конструкції, розширення діапазону робочих режимів цих приводів. Запропоновано використання гідравлічного привода віброзбуджувача, що дозволить покращити характеристики інерційних вибивних решіток, надасть можливість роботи із до- та післярезонансними частотами, розширити діапазон робочих амплітуд та збільшити номенклатуру оброблюваних форм. Зазначено доцільність та перспективність розробки нового технологічного обладнання зокрема віброзбуджувачів з гідроприводом.

Ключові слова: віброзбуджувач, вібрації, вибивна решітка, гідропривід, форма, вилівок.

POLISHCHUK LEONID, VITALY KUDRASH

Vinnytsia National Technical University

CHOICE OF A RATIONAL TYPE OF VIBRATION GENERATOR FOR INERTIAL EXPLOSION GRATES

Casting is one of the most common methods of producing workpieces in the machine building and other industries. In particular, sand mold casting is the most common method for ferrous and non-ferrous metals. This casting method requires subsequent knocking out of the castings from the molds and pans, which is a complex technological operation that requires the use of various types of appropriate vibrating equipment, including inertial knockout grids. Automation and continuous development of production sets tasks for the modernization of vibrating equipment and the development of new design solutions, taking into account the possibility of ensuring the required operating modes, specific operating conditions, requirements for durability, reliability, maintainability and safety of use. An important structural element of vibration equipment is vibration exciters, which determine the efficiency of the process of extracting castings from the molds. The paper analyzes the known technical solutions of vibration exciters dedicated to solving this problem and identifies the main directions for improving the design of vibration exciters, as well as problems that require finding effective solutions. Typical designs are considered and the most common types of vibration equipment for knocking out castings are analyzed. The main types of vibration exciter drives used in inertial knockout screens depending on the specifics of production are identified. These are eccentric, cam, unbalanced, pneumatic and electromagnetic. The article analyzes the designs of vibration exciters and their drives and identifies the main advantages and disadvantages. It is concluded that it is necessary and expedient to reduce the weight and simplify the designs, expand the range of operating modes of these drives. It is proposed to use a hydraulic drive of the vibration exciter, which will improve the characteristics of inertial knockout gratings, provide the ability to work with pre- and post-resonance frequencies, expand the range of operating amplitudes and increase the range of processed molds. The expediency and prospects of developing new technological equipment, in particular, hydraulically driven vibration exciters, are indicated.

Key words: vibrating exciter, vibrations, knockout grid, hydraulic drive, mold, casting.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Лиття є основним методом виготовлення більшості заготовок в машинобудівному виробництві. Маса литих заготовок в машинобудуванні складає близько 50% від їх загальної кількості, у верстатобудуванні цей показник наближається до 80%, у автомобільній промисловості – біля 30%. Це зумовлено рядом переваг ливарного виробництва в порівнянні з іншими методами виготовлення заготовок, або готових виробів.

Поширеного застосування набув такий спосіб лиття, як лиття у піщані форми. Однією із найбільш складних операцій такого ливарного виробництва є вибірка виливків із форм та опок. Враховуючи різноманітність форм, що вибиваються, для вибірки виливків в ливарних цехах застосовують різні види вібраційного обладнання, яке, на сьогодні представлено як у вигляді тільки експериментальних зразків, так і цілим рядом застосовуваних у промисловості робочих машин, кількість яких продовжує зростати разом із

зростанням обсягів виробництва та його невинною автоматизацією. Усі ці види обладнання розробляються та виготовляються із врахуванням специфічних умов його експлуатації, вимог щодо його довговічності, ремонтприданості та безвідмовності і забезпечення необхідних режимів роботи. Важливим напрямком розвитку техніки є підвищення продуктивності технологічного обладнання, і зокрема, для інерційних вибивних решіток інтенсифікація технологічних процесів вибивання виливків з піщаних форм і розширення можливостей таких машин шляхом використання гідроімпульсного приводу. Це дозволить розширити діапазон параметрів вібронавантаження. При цьому приділяється значна увага питанням ергономіки та естетики зовнішнього вигляду і техніки безпеки.

Враховуючи вище зазначене, існує необхідність модернізації існуючого та розробки і створення нового технологічного обладнання для ливарного виробництва, одним з яких є вибивні решітки, які забезпечать якісні експлуатаційні параметри.

Аналіз досліджень та публікацій

Темі дослідження присвячено цілий ряд публікацій. У роботі [1] проведено дослідження роботи вібраційних машин із механічними віброзбуджувачами та встановлено, що використання двох і більше дебалансних віброзбуджувачів, які необхідні для отримання заданих параметрів, призводить до порушення співфазності коливань робочих елементів і, як наслідок, виникнення небажаних явищ у коливальній системі.

Дослідженням характеристик електромагнітного віброзбудувача присвячена робота [2], де авторами розглянуто двомасовий вібраційний стіл з електромагнітним приводом. Визначено, що електромагнітний привід, маючи якісні частотні характеристики та середню вантажопідіймальність, вирізняється великою металоємністю конструкції та малою амплітудою коливань. Крім того для генерації 100-герцового синусоїдального сигналу необхідна додаткова система керування.

Робота [3] присвячена дослідженню впливу зміни маси виливка на ефективність процесу його очистки та взаємодію робочих елементів і загальну жорсткість віброударної машини. Запропоновано способи захисту вібраційних машин із механічним віброзбуджувачем від входження в резонансні частоти. В роботі [4] розглянуто основні типи та конструктивні особливості обладнання для вибивання ливарних форм, а також приведено методику розрахунку обладнання типу інерційних вибивних решіток, зазначено перспективність досліджень амплітудо-частотних характеристик інерційних вибивних решіток.

Формулювання цілей статті

Метою цієї роботи є вибір раціональної конструкції віброзбуджувача для вибивних інерційних решіток, яка забезпечить можливість вибору необхідної режиму вібронавантаження за рахунок застосування гідроімпульсного приводу, який забезпечить незалежність вибору амплітуди коливань від частоти.

Виклад основного матеріалу

Одним із найбільш поширених видів вибивного обладнання є вибивні решітки, що можуть застосовуватись для вибивки форм практично будь-якої маси в цехах з різноманітним характером виробництва.

Найбільш поширеними є ексцентриккові та інерційні вибивні решітки, що розрізняються за способом збудження коливань корпусу [5]. В ексцентриккових решітках, таких як решітки моделей 31211 та 31219 (рис. 1), між електродвигуном 5 і корпусом 1 решітки є жорсткий кінематичний зв'язок, а коливання корпусу 2 здійснюються за допомогою ексцентриккового валу 3, який є генератором вібрації кругової дії. В інерційних решітках електродвигун приводить у обертанні механічний генератор вібрації який закріплений на корпусі решітки, а коливання корпусу здійснюється дією інерційних сил генератора вібрації, який може бути як кругової, так і спрямованої дії.

За очевидних переваг технологічного устаткування, які визначаються простотою конструктивного рішення, вони мають суттєві недоліки, до яких в першу чергу слід віднести неможливість регулювання амплітуди коливань та плавного регулювання їх частоти. Це обмежує їх застосування під час зміни програми виготовлення виливків за вагою та розмірами.

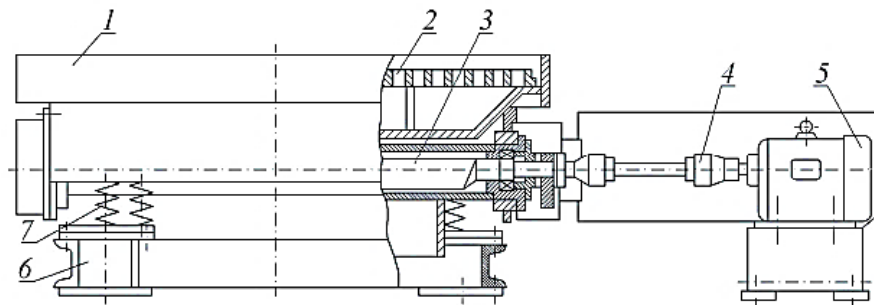


Рис.1. Загальний вигляд решіток моделей 31211 – 31219

1 – корпус; 2 – робоче полотно; 3 – вібратор (ексцентрикковий вал); 4 – кулькова муфта; 5 – привід; 6 – рама; 7 – амортизатори

В цілому, віброзбуджувачі, що використовуються у вибивному обладнанні, можуть приводитись в рух різними типами приводів. Розмаїтість типів приводів обумовлена значною кількістю технічних вимог, які висуваються до них. З врахуванням специфіки вібраційного устаткування ливарного виробництва це, насамперед [4,5,8]: достатня потужність для даної технологічної операції; можливість та простота плавного

регулювання частоти, амплітуди і форми коливань у діапазоні технологічних вимог; стабільність робочих характеристик у межах встановленого допуску при зміні маси, або технологічного навантаження; доступність (виготовлення або придбання); економічність; надійність експлуатації в несприятливих умовах: підвищена вологість, запилення повітря, мінімальне обслуговування і т. д).

Сукупності висунутих вимог задовольняють не всі типи приводів, що забезпечують заданий рух робочих органів.

Механічний привід вібробудувачів має такі різновиди [4,8]: кулачковий (рис. 2), дебалансний (рис. 3) і кривошипно-штанний. Із зазначених приводів найбільш ефективно перетворення підведеної енергії в енергію механічних коливань забезпечує дебалансний електромеханічний привід, який донедавна був найбільш поширений в ливарному виробництві й в інших галузях промисловості.

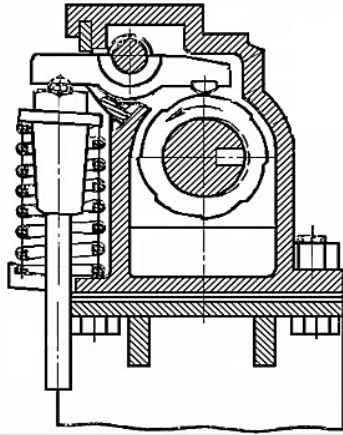


Рис. 2. Кулачковий вібробудувач

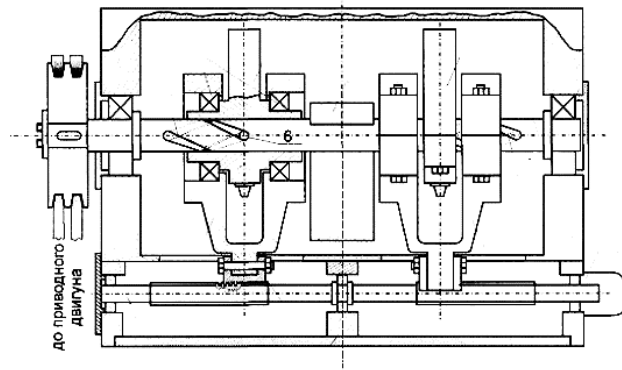


Рис. 3. Дебалансний вібробудувач

Цей тип приводу відрізняється простотою конструкції, низькою вартістю, можливістю досягнення високого відношення амплітуди змушуючої сили, до маси приводу (більше 100 Н/кг), має широкий діапазон регулювання параметрів частоти вібрації, що генерується, приблизно в межах 0,01-100 Гц, при амплітуді 0-20 мм [6]. Він дозволяє простими засобами примусового, а в певних випадках довільного узгодження забезпечити спільну роботу двох або декількох приводів на одному виконавчому органі машини, оскільки в звичайних випадках відцентрові механічні приводи не є коливальними системами, тобто не мають власних частот. Крім того відрізняється низькою чутливістю до змін зовнішніх впливів, зручністю плавного, або ступеневого регулювання амплітуди і частоти вібрації, простотою монтажу та обслуговування.

Однак для вибивки вилівок із великих форм зі змінними параметрами вібрації механічний привід має обмежене застосування через невеликий ресурс, який значно залежить від якості застосовуваних матеріалів і виробів (підшипникових вузлів), точності виготовлення і складання деталей, правильності експлуатації і догляду, малу питому потужність у порівнянні з приводами інших типів, складність незалежного регулювання частоти й амплітуди збурюючої сили, значну тривалість перехідного процесу при вибіганні та необхідність улаштування масивного фундаменту та віброізоляції [9].

Вібраційне вибивне устаткування з електричним приводом (рис. 4) призначено, головним чином, для лабораторій та експериментальних цехів науково-дослідних інститутів, промислових підприємств та використання у випробувальних установках.

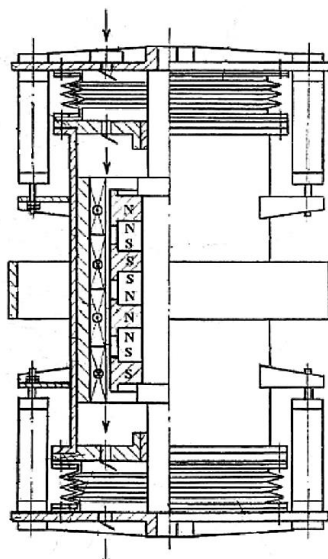


Рис.4. Електромагнітний вібробудувач

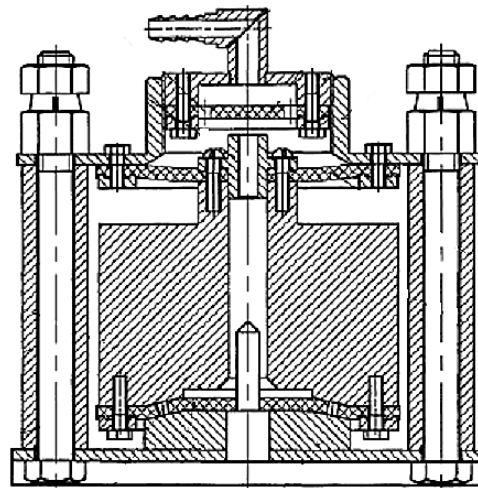


Рис. 5. Пневматичний вібробудувач

Електричний привід невеликої потужності характеризується простотою виготовлення, достатньо великим діапазоном частоти коливань (5 - 300 Гц) і простотою її регулювання, а також відсутністю значних шумів [7,10]. Проте в вібраційних машинах ливарного виробництва не знайшов широкого застосування через малу питому потужність, високу вартість виготовлення та негативну дію магнітного поля на персонал та інше обладнання.

З розвитком механізації ливарного виробництва пневматичний привод (рис. 5) також набув широкого поширення у вібраційних машинах, що пояснюється універсальністю використання стиснутого повітря пневмомережі для багатьох інших механізмів і машин.

Використання енергії стиснутого повітря пояснює просту конструкції відповідних приводів їх низьку вартість, надійність, можливість роботи в вибухонебезпечних умовах, можливість регулювання робочих параметрів у широкому діапазоні (0-20 Гц) за амплітуди (0-5 мм) при мінімально необхідному обслуговуванні [10-11].

Проте вібраційні машини з віброзбудниками на пневматичному приводі виявились малоефективними для здійснення вибивання габаритних виливок великих форм в першу чергу за рахунок малої потужності віброзбуджувачів із пневмоприводом. Їх використовують для вибивання форм масою до 150 кг невеликих розмірів. Оригінальні технічні рішення підвищення вантажопідймальності пневматичних формувальних машин не вирішують проблему в цілому [4-5]. Зростання питомих потужностей пневматичних приводів перешкоджає низький робочий тиск повітря (0,4 - 0,6 МПа) у пневмомережі промислових підприємств. Для збільшення робочого тиску пневматичні приводи потребують коштовного компресорного устаткування. Регулювання частоти й амплітуди вібрацій у пневматичних приводах відзначається технічною складністю. Також до недоліків пневматичного приводу слід віднести ударний характер роботи, і як наслідок, високий рівень шуму [11].

Найбільш раціональним, як показала практика, для машин вібраційного типу є гідравлічний привод, який має такі переваги [10,11,12]: висока питома потужність внаслідок застосування високого робочого тиску рідини (10 – 30 МПа); малі габарити і маса, що припадають на одиницю потужності; плавне незалежне регулювання в широкому діапазоні частоти й амплітуди вібрації робочого столу (0-100 Гц) і можливість вибору оптимального робочого режиму згідно технологічного процесу; висока швидкодія, що забезпечує миттєвий вихід на робочий режим; висока надійність; можливість програмного керування режимами роботи; зручність компонування з робочими органами вібромашини; знижений шум роботи; достатньо високий ККД.

Вібраційний рух виконавчої ланки у гідравлічних вібраційних машинах забезпечується наявністю в приводі генераторів імпульсів тиску, які відрізняються за принципом дії, способом керування, схемою підключення та типом основного запірної елемента [8-13]. Наприклад, гідравлічний віброзбуджувач клапанного типу із кульковим запірним елементом, (рис. 6) забезпечує достатню вантажопідймальність та простотою виконання.

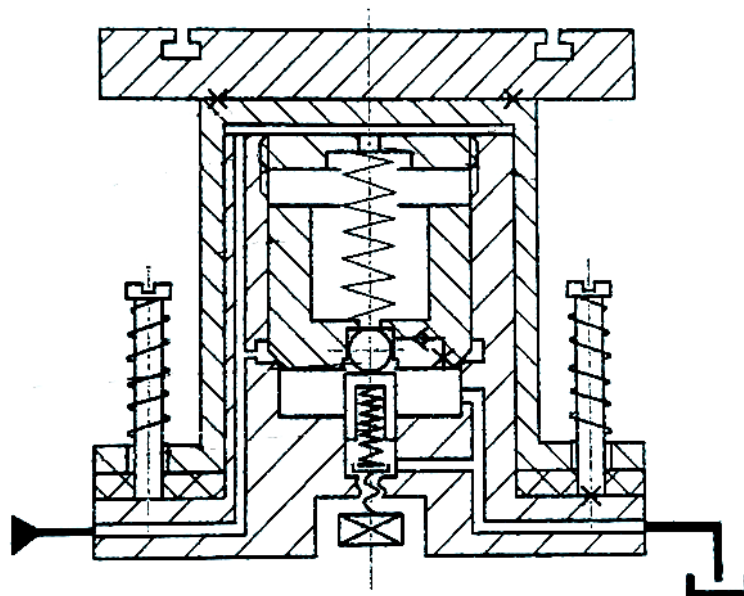


Рис.6. Гідравлічний віброзбуджувач клапанного типу

Гідравлічний та пневматичний приводи вібраційних і віброударних машин за принципом дії аналогічні, проте останній має обмеження при необхідності створення значних потужностей і зусиль через збільшення габаритних розмірів приводу і машини в цілому. Крім цього, застосування гідравлічного приводу дозволяє значно зменшити рівень шуму та запиленості повітря.

Проте гідравлічному приводу, як і іншим типам приводів, притаманні окремі недоліки, такі, як менша в порівнянні з електромеханічними ефективність перетворення енергії, підвищені вимоги до точності

виготовлення, монтажу й обслуговування, вплив температур навколишнього середовища на властивості гідросистеми, висока вартість. Перераховані недоліки можуть бути нівельовані за допомогою окремих конструктивних та експлуатаційних рішень, зокрема, за рахунок використання додаткових систем охолодження робочої рідини, або використання рідин із підвищеними температурними характеристиками, введенням нових, або вилученням існуючих конструктивних елементів приводу, що мають значний вплив на його роботу тощо.

Перспективним напрямком розвитку вібробудувачів гідравлічного типу є застосування в них гідроімпульсного приводу. На (рис. 7) представлена конструктивна схема однокаскадного генератора імпульсів тиску [14], розроблений у ВНТУ, який можна використати у вібробудувачі для інерційних вибивних решіток. Запропонована схема вирізняється рядом переваг: висока пропускна здатність однокаскадного генератора імпульсів тиску, що наближає його по характеристикам до більш складних та габаритних двокаскадних генераторів та дозволяє зменшити габарити пристрою, суттєво скоротивши число елементів і довжину прорізної пружини; простота монтажу та обслуговування пристрою; відсутність ланок, які мають невисоку надійність і термін служби в умовах вібраційного навантаження (підшипники кочення, кривошипно – шатунні механізми тощо); можливість забезпечення достатньо великого робочого зусилля на виконавчій ланці; розширені технічні можливості (широкий діапазон вібронавантаження, висока мобільність).

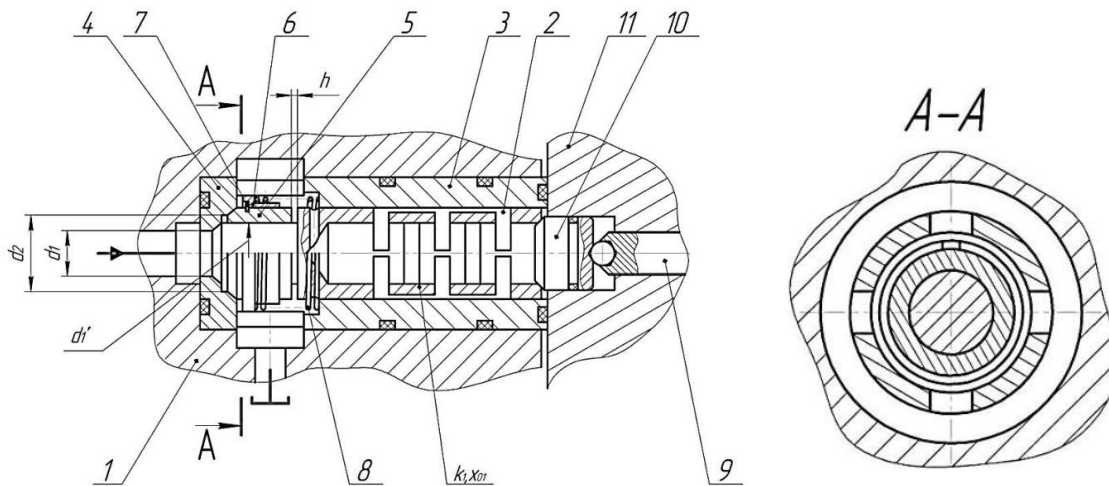


Рис.7. Однокаскадний генератор імпульсів тиску підвищеної пропускної здатності
1 – корпус; 2 – запиірний елемент; 3 – гільза; 4 – сідло; 5 – втулка-клапан; 6 – ступінчаста втулка; 7 – стопорне кільце 8 – пружина; 9 – регулювальний гвинт; 10 – плунжер; 11 – кришка

Висновок

Застосування вібраційних машин, робоча ланка яких здійснює силовий вплив на об'єкт обробки з великою миттєвою потужністю, що значно перевищує встановлену потужність машини, дає можливість вдосконалити цілий ряд технологічних процесів. В цілому режими роботи ливарного вібраційного обладнання з різними типами приводів характеризуються частотою та амплітудою вібрацій виконавчої ланки машини. Причому слід брати до уваги широку номенклатуру розмірів та матеріалів виробів, що виготовляються за допомогою литва. Це, в свою чергу, зумовлює необхідність роботи машини не тільки в широкому амплітудно-частотному діапазоні, а також забезпечення значних зусиль на виконавчій ланці, створюваних приводом. Тому перспективним є використання гідравлічних вібробудувачів, зокрема, з гідроімпульсним приводом, що забезпечує значні робочі зусилля на виконавчих ланках вібраційних машин та механізмів. Не зважаючи зазначені переваги, гідравлічний привід не знайшов значного поширення у ливарному виробництві через відсутність ефективних конструктивних рішень. Відтак розробка нових та адаптація під складні умови роботи ливарного виробництва існуючих конструкцій гідравлічних вібробудувачів є перспективним напрямком створення нового технологічного обладнання.

Література

1. MICHALCZYK, Jerzy; CZUBAK, Piotr. Influence of collisions with a material feed on cophasal mutual synchronisation of driving vibrators of vibratory machines. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, [S.l.], v. 48, n. 1, p. 155-172, Jan. 2010. ISSN 1429-2955.
2. ОС Ланець, ВМ Боровець, ОВ Ланець, ЯВ Шпак, ВІ Лозинський. Синтез конструкції та дослідження роботи резонансного двомасового вібраційного стола з електромагнітним приводом.
3. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні 49. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2015.

4. Mykola M. Tkachuk, Iurii Kostenko, Andriy Grabovsky, Mykola A. Tkachuk, Parameter analysis of vibroimpact machines dynamics with variable mass and stiffness, in: Proceedings of the 5th International Conference on Nonlinear Dynamics ND-KhPI2016 September 27-30, Kharkov, Ukraine, 2016, pp. 238-244.
5. Foundry Moulding Machines and Pattern Equipment: A Treatise Showing the Progress Made by the Foundries Using Machine Moulding Methods / E. S. Carman – Forgotten Books (August 24, 2018). – 161 p
6. Science and Technology of Casting Processes / edited by Malur Srinivasan. – Rijeka : InTech, 2012. – 350 p
7. Ланець О. С. Основи розрахунку та конструювання вібраційних машин (Книга 1. Теорія та практика створення вібраційних машин з гармонійним рухом робочого органу): навч. посібник. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. 2008. – 600 с.
8. Ланець О. С. Високоєфективні вібраційні машини з електромагнітним приводом (Теоретичні основи та практика створення). – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2008. – 324 с.
9. Вірник М. М. Вібраційні та віброударні процеси і машини у ливарному виробництві : монографія / М. М. Вірник, Р. Д. Іскович-Лотоцький, Н. Р. Веселовська. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2007. – 198 с.
10. Пономаренко О.І. Оптимізація технологічних рішень для цехів ливарного виробництва: монографія.- Х. : НТУ «ХП», 2007 – 320 с
11. Іскович – Лотоцький Р. Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій / Р. Д. Іскович – Лотоцький, Р. Р. Обертюх, І. В. Севостьянов. – УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 171 с. (Монографія). – ISBN 966–641–162–8.
12. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій: монографія . -Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011
13. Дробязко В.М., Фесенко А.М., Лютий Р.В., Фесенко М.А. Ливарна гідравліка. – Краматорськ: ДДМА, 2010. – 108 с.
14. Параметричні однокаскадні генератори імпульсів тиску підвищеної пропускної здатності / Обертюх Р. Р., Слабкий А. В., Андрухов С. Р., Кудраш В. О. // Вісник машинобудування та транспорту – №1, 2019. – С. 40 – 48.

References