

УДК 693.542.52-868

В.А. Басараб, к.т.н., зав. лабораторією КНУБА

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІЧАСТОТНОГО РЕЖИМУ КОЛИВАНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ УДАРНО – ВІБРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

**АНОТАЦІЯ.** В Статті розглядається питання створення полічастотного режиму коливань робочого органу електромагнітної ударно-вібраційної установки для ущільнення бетонних сумішей. В результаті теоретичних досліджень знайдено раціональний закон зміни жорсткості підвіски ударника в межах одного періоду коливань. Запропоновано нову конструкцію підвіски ударника, що дає змогу реалізовувати полічастотний режим руху. Створено лабораторну модель двомасової електромагнітної ударно-вібраційної установки з магнітно-підвішаною конструкцією ударника.

**Ключові слова:** полічастотний режим коливань, ударно-вібраційна установка, магнітно-підвішана конструкція ударника.

**ANNOTATION.** The problem to create poliharmonic vibration conditions of work platform electromagnetic vibroimpactor machine for concrete compression was described. Rational mathematic equation of suspended impactor springiness within one period of oscillation was determined as a result of theoretical investigation. The new suspended impactor design which gives a possibility to realize poliharmonic vibration conditions was proposed. The laboratory model two-mass electromagnetic shock-vibration machine with magnetically suspended construction of impactor was created.

**Key words:** poliharmonic vibration conditions, shock-vibration machine, magnetically suspended construction of impactor.

**Вступ. Постановка задач досліджень.** Застосування ударно-вібраційних машин для ущільнення бетонних сумішей, що працюють на понижених частотах і реалізують складні режими взаємодії з середовищем (супергармонійний, поліфазний та ін.) доводить ефективність їхнього використання. Дослідження динаміки руху цих машин є достатньо ґрунтовними [1,3,7]. Проте, на сьогоднішній день з'явилися нові технології ущільнення, що потребують реалізації складних режимів руху робочого органу за умов отримання виробів високої якості та мінімальних енерговитрат. Тому, актуальним є питання створення полічастотного режиму коливань робочого органу електромагнітної ударно-вібраційної установки та дослідження особливостей поведінки машини в умовах взаємодії з багатокомпонентним середовищем.

**Виклад основного матеріалу.** Ефективності полічастотного впливу на бетонну суміш за умов віброущільнення присвячено багато праць, серед яких, слід відмітити роботи Кунноса Г.Я., Савінова О.А., Лавриновича Е.В., Шмигальського В.Н., Назаренка І.І. та ін. Практичне впровадження зазначеного положення в основному зводиться до реалізації принципу суперпозиції.

Відомо, що процес ущільнення бетонної суміші з точки зору ефективності впливу різних параметрів вібрації є досить протирічним. Низькочастотний режим забезпечує добру проникливість енергії в товщу суміші, але не несе достатньої енергії для ефективного ущільнення багатокомпонентного середовища. На противагу цьому високочастотний режим є носієм енергії високої інтенсивності, але має низьку ступінь проникливості і швидко поглинається середовищем. Тому, було прийнято рішення шукати розв'язання цієї задачі в раціональному поєднанні низькочастотних тобто несучих та високочастотних тобто накладаємих режимів коливань робочого органу. Логічним підсумком вищенаведеного є необхідність створення вібромашини, яка дасть змогу реалізувати полічастотний характер руху робочого органу і цим самим забезпечити необхідний за технологією режим ущільнення.

Існує багато фірм та організацій, що займаються дослідженнями вібраційних систем складної структури. До фірм, що займаються розробкою вібротестового обладнання слід



віднести: MRAD-Corp, TMC's ElectroDamp, Monarch Instrument, Unholtz-Dickie Corporation, Prodera-Sys-Modal<sup>®</sup> і Prodera-Win-Modal<sup>®</sup>, Brüel & Kjær's, Honeywell, Motorola та ін.

Деякі з цих розробок варто представити. Це вібраційна установка фірми MOOG (США) (рис.1) яка має горизонтальну платформу, що встановлена на 6 гідравлічних домкратах, має 6 ступеней вільності та комп'ютерну систему керування в широкому амплітудно-частотному діапазоні. Наступною є віброустановка фірми TMC (США) (рис.2), що має електромагнітні збуджувачі коливань, 6 ступеней вільності та цифрову систему управління, яка дає можливість відтворювати складний спектр коливань.



Рисунок 1. Вібраційна установка MOOG (США): діапазон частот – низькі, середні, високі; кількість ступеней вільності – 6; тип приводу – гідравлічний сервопривод; комп'ютерна система управління режимом коливань.



Рисунок 2. Вібраційна установка TMC (США): діапазон частот – >100 Гц; кількість ступеней вільності – 6; тип приводу – електромагнітні збуджувачі; цифрова система управління.

Одним з розробників вібраційного обладнання є американська фірма DTE, що презентує віброустановку з трьома ступенями вільності в якій комп'ютерна система здійснює управління гідравлічним сервоприводом (рис.3). Також цікавою є конструкція вібраційної установки фірми MOOG (США), що працює на частоті коливань 50...100 Гц, має 6 ступеней вільності та приводиться за допомогою гідропривода (рис.4).



Рисунок 3. Вібраційна установка фірми DTE (США): діапазон частот – 50...150 Гц; кількість ступеней вільності – 3; тип приводу – гідравлічний; комп'ютерна система управління.



Рисунок 4. Вібраційний стіл фірми MOOG (США): частота коливань – 50...100 Гц; кількість ступеней вільності – 6; тип приводу – гідравлічний.

Далі, варто представити динамічну вібраційну систему (Китай), яка здійснює вертикальні коливання в діапазоні частот 600...5000 Гц з функцією частотної модуляції вібраційного сигналу (рис.5).



Рисунок 5. Динамічна вібраційна система (Китай):  
діапазон частот – 600...5000 Гц; робоче  
навантаження – 100 кг; вертикальні коливання;  
функція частотної модуляції.

Для проведення експериментальних досліджень було створено дослідно-експериментальний стенд, що складається з двомасової ударно-вібраційної установки з електромагнітним приводом та аналогово-цифрової апаратури запису та обробки даних (рис.6).

Ціллю експериментальних досліджень було оцінка характеру та величини впливу динамічних характеристик руху робочого органу машини на оброблюване середовище. Для цього використовувалась метрова форма для ущільнення бетонної суміші в якій розміщувались тензометричні датчики переміщення шарів суміші та напруження.

Отримані дані запису показань датчиків свідчать про зміну спектру контактної взаємодії робочого органу вібростанини та середовища. Проведений спектральний аналіз вказує на те, що енергетичний вклад вищих гармонічних складових перевищує енергетику основної робочої частоти.

Звідси виникає питання по-перше врахування цього явища в методиці розрахунку параметрів машини а по-друге створення нових вібростанин, що зможуть більш ефективно здійснювати процес передачі віброенергії від робочого органу до середовища.

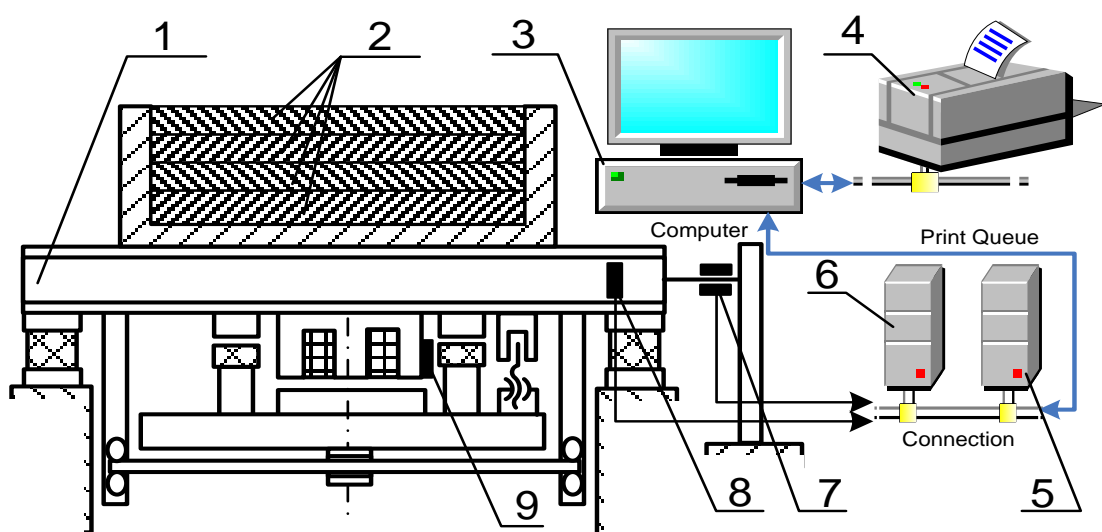


Рисунок 6. Дослідницький комплекс:  
1 – віброустановка; 2 – імітатори суміші; 3 – ЕОМ; 4 – принтер; 5 – АЦП; 6 – блок первинної  
обробки сигналу; 7 – датчик переміщення робочого органу; 8 – датчик частоти; 9 – датчик  
вимірювання потужності (шунт).

З цією метою було запропоновано рішення удосконалити конструкцію машини шляхом заміни ресорної підвіски ударника на магнітне підвішування. Відповідне рішення було запатентовано [6] (рис 7).

Для того, щоб здійснювати процес керування коливальним рухом вібромашини запропоновано нове рішення – застосування спеціальних катушок-соленоїдів, що дають можливість без інерційно створювати високочастотні коливання ударника, що накладаються на основну частоту коливань. Процес керування здійснюється програмованим мікроконтролером [4].

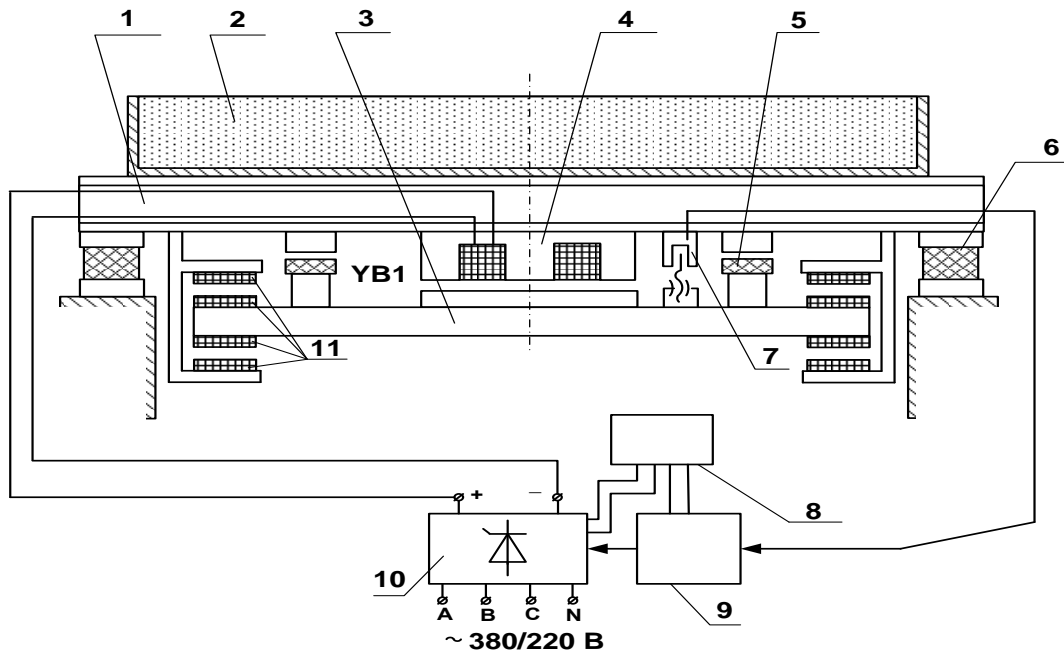


Рисунок 7. Електромагнітна ударно-вібраційна установка для формування бетонних виробів:  
1 – робочий орган; 2 – форма з сумішшю; 3 – ударник; 4 – основний електромагніт (YB1);  
5 – буферні елементи; 6 – опорні амортизатори; 7 – індукційний датчик; 8 – програмований мікроконтролер; 9 – блок керування; 10 – тиристорний випрямляч; 11 – постійні магніти.

Для проведення критеріального аналізу в якості функції керування пружністю підвіски застосовано трикутний (пилкоподібний), прямокутний та закон синуса. Побудувавши графік зміни сили тяги електромагніта та порівнявши з графіком зміни жорсткості підвіски в часі за критерієм Ейлера – Лагранжа [5] можна зробити висновок: функція керування повинна бути подібна до функції вимушуючої сили [2]. Це логічно, оскільки динамічні параметри системи змінюються за законом вимушуючої сили, а також якщо технічно здійснювати пружне підвішування за допомогою електромагніту, тоді, стає очевидним, що функція яку “найпростіше” реалізувати буде саме закон зміни тяги електромагніта.

Для перевірки працездатності системи створено лабораторну модель двомасової електромагнітної ударно-вібраційної установки. Установка складається з робочого органу, ударника, що підвішений на постійних магнітах, опорної рами, гумових опор, електромагніта приводу та апаратури управління. Магніти підвішування розташовані зверху та знизу ударника. Від осевого переміщення ударник утримується двома направляючими осями. Загальний вигляд установки, конструктивні рішення магнітного підвішування, а також встановлення електромагніта та буферів наведено на рис. 8. а,б.

Установка створена з ціллю перевірки працездатності зміненої конструкції підвіски, проведення досліджень основних параметрів роботи системи а також створення на її основі вдосконаленої моделі з керованими параметрами роботи.

Нове конструктивне рішення підвіски ударника підтвердило свою працездатність – установка ефективно працювала в стійкому режимі з частотою 25 Гц. Дослід проведений з



імітаторами робочого середовища засвідчив ефективну передачу ударно-вібраційної форми коливань. Проведені випробування підтверджують доцільність використання магнітного підвішування ударника, що є темою подальших досліджень.

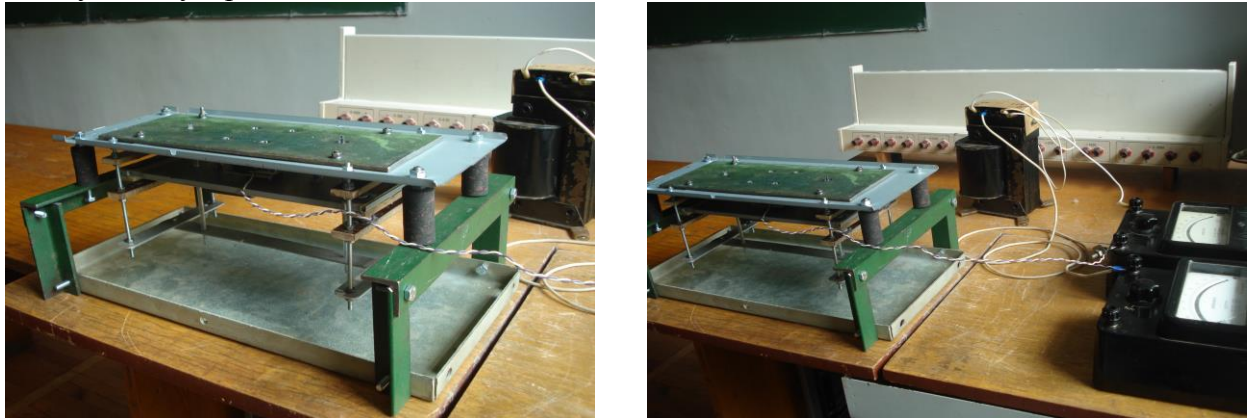


Рисунок 8. Лабораторна двомасова електромагнітна ударно-вібраційна установка зі зміненою конструкцією підвіски ударника.

### Висновки.

1. Огляд літературних джерел виявив доцільність дослідження вібраційних систем складної структури з метою створення нових високоефективних вібромашин.
2. Запропонована нова конструкція підвіски ударника, що дає змогу реалізовувати полічастотний режим руху.
3. Створено лабораторну модель двомасової електромагнітної ударно-вібраційної установки з магнітно-підвішеною конструкцією ударника.

### Література

1. Баранов Ю.А. Особенности проектирования ударно-вибрационных площадок с электромагнитным приводом / Ю. А. Баранов // Горные, строительные, дорожные и мелиоративные машины. Респуб. межвед. науч.-технич. сборник. К.: Техника, 1990, вип.43. – С. 69 – 72.
2. Басараб В.А. Дослідження полічастотного режиму коливань робочого органу електромагнітної ударно-вібраційної системи / В.А. Басараб // Техніка будівництва №29.К.: КНУБА, 2012. – с.50-56.
3. Иносов В.Л., Назаренко И.И., Хо Тхи Ха. Новая электромагнитная низкочастотная виброплощадка ударного действия / В.Л. Иносов, И.И. Назаренко, Хо Тхи Ха // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура, 1982. – № 7. С. 118-122.
4. Кравченко І.М. Керування динамічними параметрами електромагнітної ударно-вібраційної системи / І.М. Кравченко, В.А. Басараб // Техніка будівництва №19.К.: КНУБА, 2006. – С.56-63.
5. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / В.С. Ловейкин // К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
6. Патент на КМ 68063. Україна, МПК В28В1/08. Електромагнітна ударно-вібраційна установка для формування бетонних виробів / Назаренко І.І., Баранов Ю.О., Басараб В.А., Кравченко І.М.; заявник та власник Басараб В.А. № у 201111032; заявл. 14.09.2011; опубл. 12.03.2012, бюл. № 5.
7. Хо Тхи Ха. Исследование динамики виброплощадки с электромагнитным приводом: дисс. На соискание ученой степени канд. техн. Наук / Хо Тхи Ха. – Киев, КИСИ, 1982. – 200 с.