

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІЧАСТОТНИХ РЕЖИМІВ РУХУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОЇ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ

Стаття присвячена дослідженню взаємодії середовища (бетонної суміші) з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки. Сутність проблеми полягає в тому, що складний нелінійний характер руху робочого органу вібромашини не є достатньо вивченим. Проведено теоретичні дослідження поведінки системи для континуальної моделі середовища. Отримано стійкий полічастотний режим руху робочого органу машини за рахунок більш ефективного використання системи керування. Подано рекомендацію для створення нових конструкцій машин, що реалізують складний нелінійний характер руху за рахунок використання системи зворотного зв'язку.

Ключові слова: бетонна суміш, вібромашина, полічастотний режим.

В данной статье рассмотрено исследование взаимодействия среды (бетонной смеси) с рабочим органом электромагнитной ударно-вибрационной площадки. Суть проблемы состоит в том, что сложный нелинейный характер движения рабочего органа вибромашины не достаточно изучен. Проведены теоретические исследования поведения системы для континуальной модели среды. Получен устойчивый поличастотный режим движения рабочего органа машины за счет более эффективного использования системы управления. Подано рекомендацию для создания новых конструкций машин, которые реализуют сложный нелинейный характер движения за счет использования системы обратной связи.

Ключевые слова: бетонная смесь, вибромашина, поличастотный режим.

The article presents the investigation of the medium (concrete mixture) and the electromagnetic vibroimpact platform working body interaction problem. The essence of this problem: non-linear, complicated motion nature of vibroimpact machinery is not fully investigated. The theoretical researches of the system conduct for continual medium model were carried out. Steady multi-frequency motion conditions of the machinery working body due to more effective operation system uses were obtained. The recommendation is given for creation of a new construction machinery to permit complicated non-linear movement due to reciprocal links application.

Key words: concrete mixture, vibration machine, multi-frequency conditions.

Постановка проблеми. Застосування ударно-вібраційних машин, що працюють на знижених частотах і реалізують складні режими взаємодії із середовищем (супергармонійний, поліфазний та ін.), доводить ефективність їхнього використання. Одним із таких напрямків є застосування електромагнітної ударно-вібраційної площадки, яка працює на випрямленому струмі.

Аналіз останніх досліджень і виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Дослідження динаміки руху цих машин є достатньо ґрунтовними [1, 6]. Проте слід зауважити, що в цих роботах середовище розглядається як інерційна маса, що не змінює своїх властивостей під час роботи. Основним критерієм ефективності роботи машини є максимальна передача енергії від робочого органу до середовища за умов мінімальних непродуктивних витрат енергії, мінімально можливої тривалості циклу, отримання виробу високої якості, а також збереження високої надійності машини. Цілком логічно, що реалізація даного критерію є неможливою без урахування особливостей поведінки машини в умовах взаємодії із багатокомпонентним середовищем зі змінними в процесі роботи параметрами.

Основні принципи розрахунку та створення машин полягають у наступному [4]:

1. Зведення складних систем до моделі з дискретними параметрами.
2. Максимальне використання вкладу вищих гармонік.
3. Реалізація технологічно доцільної асиметрії прискорень.
4. Синхронне забезпечення поліфазних, автоколивальних режимів формування.
5. Блочно-модульна побудова конструкцій віброущільнюючих машин.
6. Реалізація поліфазних, авторезонансних та інших режимів віброущільнення.

Задачі досліджень:

1. Провести теоретичні дослідження полічастотних режимів коливальних системи.
2. Надати рекомендації щодо розроблення системи управління електроприводом віброплощадки, виходячи з досліджень системи “машина-середовище”.

Методика та результати досліджень.

За результатами попередніх досліджень [2] встановлено, що більш точною моделлю середовища є система з розподіленими параметрами.

Відомо [1], що цілеспрямованою зміною жорсткості підвіски ударника C_1 та часом затримки на вмикання живлення електромагнітів t_3 можна керувати параметрами роботи машини для забезпечення необхідного за технологією змінного режиму ущільнення. У результаті аналізу основних параметрів роботи машини від t_3 встановлено, що частота

ударів змінюється в середньому на 15%, напіввзмахах коливань – на 30%, потужність – більш ніж на 100%.

Значення жорсткості підвіски ударника має неоднозначний вплив на параметри роботи машини. Так, характер зміни напіввзмаху коливань робочого органу та спожитої потужності залишається подібним, натомість частота коливань збільшується на 15%. Зменшення часу затримки t_z у порівнянні з розрахунковим значенням можна використати при перевантаженні віброблока, а збільшення – в умовах недовантаження.

Спектральний аналіз запису зміни тиску в зоні контакту “форма – суміш”.

Одним із методів оцінки якісної характеристики взаємодії системи “машина-середовище” є спектральний аналіз сигналу [3]. Метою спектрального аналізу відповідно до принципу суперпозиції є подання (апроксимація) періодичного сигналу сумою гармонік для пошуку відгуку середовища (бетонної суміші) на складний характер руху робочого органу вібрмашини.

Для знаходження коефіцієнтів ряду Фур’є скористаємось чисельним методом. Для цього запишемо вирази коефіцієнтів ряду у більш зручному вигляді (1)

$$a_0 = \frac{2}{\tau} \sum_{i=0}^m \sigma_i \Delta t, \quad a_n = \frac{2}{\tau} \sum_{i=0}^m \sigma_i \cos(n\omega t) \Delta t, \quad b_n = \frac{2}{\tau} \sum_{i=0}^m \sigma_i \sin(n\omega t) \Delta t, \quad (1)$$

де $\tau = 0.05$ с – період коливань;

$\omega = 20\pi$ рад/с – кутова швидкість коливань робочого органу;

$\sigma(m, t)$ – масив числових даних зміни тиску в середовищі.

Пошук коефіцієнтів ряду (1) здійснювався за допомогою спеціально створеної програми в середовищі Mathcad 8.0.

Аналіз експериментальних даних дає підстави зробити висновок, що домінуючими гармоніками спектру для першої стадії ущільнення є відповідно 1-ша, 4-та та 8-ма (це підтверджує тезу про те, що початковий етап характеризується процесом формоутворення і суміш ще не має достатньої об’ємної жорсткості). Дещо інша ситуація для другого та третього етапів ущільнення: відбувається плавне зміщення спектру в бік 2-ї, 5-ї та 7-ї гармонік. Під час ущільнення бетонна суміш змінює свої властивості (c , ρ , E), і відповідно ця зміна відображається на спектрі взаємодії. На даному етапі можна зробити наступні висновки: по-перше, якісну зміну спектру взаємодії можна розглядати як критерій якості процесу ущільнення суміші; по-друге, з точки зору енергетики процесу значна частина енергії, що поглинається вищими гармонічними складовими, зазвичай не враховується в методиці розрахунку.

Зміна якості спектру як критерій ефективності процесу ущільнення може слугувати засобом керування електроприводом в системі зворотного зв’язку. Як свідчить аналіз експериментальних даних, інтенсивна генерація

вищих складових відбувається під час різкої зміни характеру кривої прискорення робочого органу.

Ефективності полічастотного впливу на бетонну суміш присвячено багато праць [4, 5, 7, 8]. Практичне впровадження зазначеного принципу в основному зводиться до реалізації принципу суперпозиції, тобто конструкція машини проектується таким чином, що в ній присутні різночастотні генератори коливань. У нашому випадку пропонується можливість зміни форми і спектру коливань робочого органу за один період руху.

Як було відмічено раніше, для електромагнітної ударно-вібраційної системи встановлено можливість керування параметрами роботи машини за допомогою зміни жорсткості підвіски ударника та зміни часу затримки на вмикання живлення електромагнітів. Реалізація такого режиму руху полягає в цілеспрямованій зміні жорсткості підвіски ударника (ресори) за допомогою спеціального механізму переведення.

Відомо, що процес віброущільнення бетонної суміші з точки зору ефективності впливу різних параметрів вібрації є досить суперечливим. Основна частота роботи вібромашини є оптимальною за найбільш характерними для даних умов ущільнення ознаками (напружено-деформований стан середовища, енергія, що поглинається, час ущільнення та ін.). Це означає, що решта діапазону амплітудно-частотного спектру ($n\omega$, $n = 2, \dots, N$) унаслідок фільтруючих властивостей вібросистеми не передається бетонній суміші.

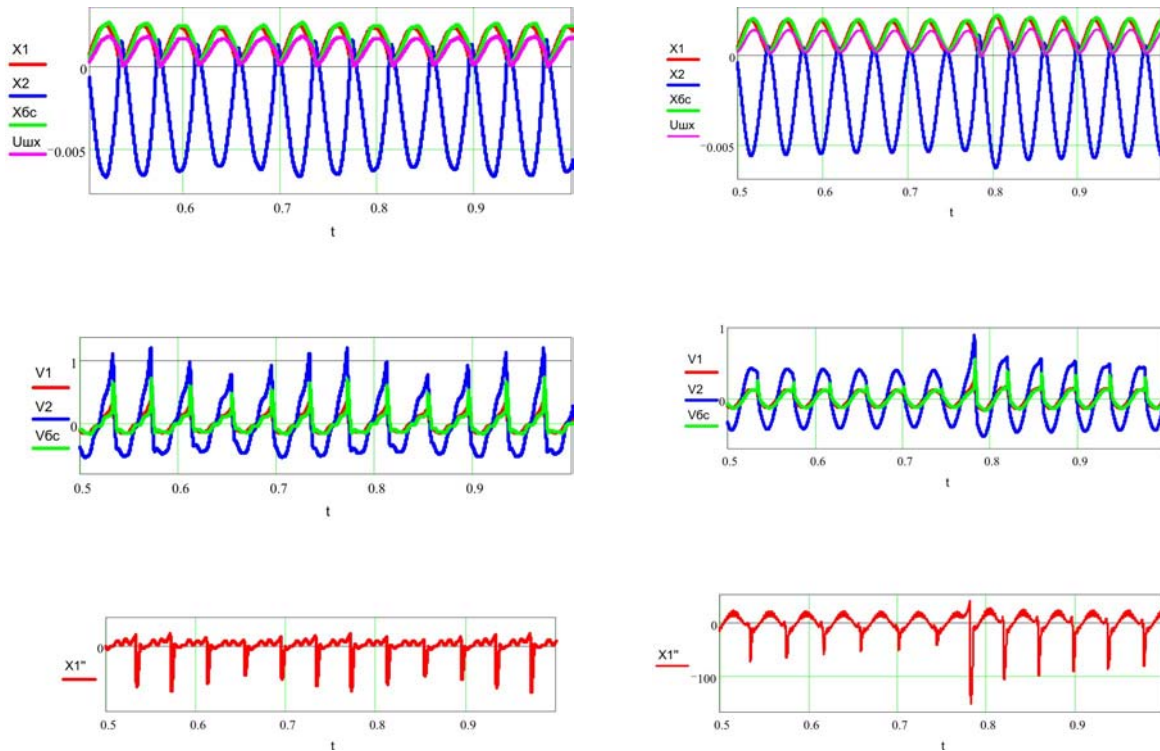
Також відомо, що низька частота (несуча) має добру проникливість у товщу суміші, але не несе достатньої енергії в кількісному та якісному вимірах для ефективного ущільнення багатокomпонентного середовища. На противагу цьому висока частота (високочастотний спектр) є носієм енергії високої інтенсивності, але має низький ступінь проникливості і швидко поглинається середовищем.

Розв'язання цього завдання слід шукати в раціональному поєднанні низькочастотних (несучих) та високочастотних (що накладаються) режимів коливань робочого органу. Логічним підсумком вищенаведеного є необхідність проектування вібромашин, що мають змогу реалізувати модульований характер руху робочого органу і цим самим забезпечити необхідний за технологією режим взаємодії системи "машина-середовище".

Теоретичне моделювання роботи машини за умов зміни C_1 та t_3 за лінійним (пилкоподібним) законом та за законом синуса наведено на рисунку 1.

Результати отримані за таких початкових умов: вантажопідйомність віброблока – 100 кг, частота коливань – 20 Гц, середнє ударне прискорення – 35 м/с^2 . Значення C_1 змінюється для лінійного закону в межах: 280000...480000 Н/м, для закону синуса – в межах: 80000...480000 Н/м

(оптимальне значення $C_I=280000$ Н/м); t_3 відповідно становить для лінійного закону – 0.03...0.04 с, для закону синуса – 0.032...0.038 с (оптимальне значення $t_3=0.035$ с.).



а)

б)

Рисунок 1 – Основні параметри роботи машини:

а – зміна t_3 та C_I за законом синуса; б – зміна t_3 та C_I за лінійним законом

Висновки і перспективи подальших досліджень. Із отриманих графіків можна зробити висновок, що: по-перше, вдалось отримати стійкий модульований характер руху вібростеми; по-друге, на графіках зміни прискорення робочого органу видно поєднання основної (робочої) частоти та високочастотної складової в міжударний період; по-третє, для такого режиму існує можливість регулювання динамічними параметрами відповідно до технологічних вимог.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов Ю.О. Создание строительных ударно-вибрационных машин с электромагнитным приводом.: дис... канд. техн. наук. / Ю.О. Баранов. – К., 1994. – 150 с.
2. Басараб В.А. Теоретичні дослідження взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки / В.А. Басараб // Техніка будівництва. – К.: КНУБА, 2006. – №17.
3. Мазор Ю.Л. Радиотехніка: енциклопедичний навчальний довідник: навч. посібник / Ю.Л. Мазор, Є.А. Мачуський, В.І. Правда. – К.: Вища школа, 1999. – 838 с.

4. Назаренко І.І. *Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: навч. посібник* / І.І. Назаренко. – К.: КНУБА, 2007. – 229 с.
5. Овчинников П.Ф. *Уплотнение строительных смесей на переменных во времени параметрах вибрации и удара* / П.Ф. Овчинников, В.С. Бабий. – Кишинев: Штиинца, 1976. – 134 с.
6. Хо Тхи Ха. *Исследование динамики виброплощадки с электромагнитным приводом: дис. ... канд. техн. наук* / Хо Тхи Ха. – К.: КИСИ, 1982. – 200с.
7. Чубук Ю.Ф. *Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей* / Ю.Ф. Чубук, И.И. Назаренко, В.Н. Гарнец. – К.: Вища школа, 1985. – 168с.
8. Шмигальский В.Н. *Формование изделий на виброплощадках* / В.Н. Шмигальский. – М.: Стройиздат, 1968. – 104 с.