

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

БАСАРАБ ВОЛОДИМИР АКСЕНІЙОВИЧ

УДК 666.97.033.16

**ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ
УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ
БЕТОННОЇ СУМІШІ**

05.05.02 - Машини для виробництва будівельних матеріалів і
конструкцій

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Баранов Юрій Олексійович,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
доцент кафедри машин і обладнання технологічних процесів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Ковбаса Володимир Петрович,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ,
завідувач кафедри автотракторного, сільсько- і лісогосподарського машинобудування;

кандидат технічних наук, доцент
Нестеренко Микола Петрович
Полтавський національний технічний університет ім. Кондратюка,
доцент кафедри будівельних машин і обладнання.

Захист відбудеться 25 квітня 2013 року о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.08 при Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий 25 березня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент

Ручинський М.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Процес ущільнення є основним процесом в технології виробництва збірного залізобетону і має вирішальний вплив на якість виробів, трудоемкість робіт та технологічну ефективність.

Останнім часом більш ефективними є низькочастотні ударно-вібраційні технології ущільнення, що мають значну асиметрію прискорень. Багато праць присвячених дослідженню впливу середовища на вібраційну машину. В основному ці роботи присвячені дослідженню машин з гармонічним режимом руху. Існуючі розрахункові залежності неповною мірою відповідають сучасним вимогам, оскільки здебільшого визначаються за емпіричними даними, які є дійсними тільки в межах досліджень, під час яких вони отримані. Зумовлюється це тим, що відсутня загальновизнана модель процесу ущільнення та не визначено реальний вплив оброблюваного матеріалу на динаміку електромагнітної ударно-вібраційної установки.

Розв'язати проблему можна шляхом врахування оброблюваного матеріалу із застосуванням моделі спільного руху робочого органу та середовища, використовуючи експериментально-теоретичну модель суміші в дискретно-континуальних системах. Такий підхід дає можливість визначити робочі параметри віброустановки, які забезпечували б високу продуктивність, зменшення енергоемкості робочого процесу та отримання виробів високої якості. Тому визначення параметрів руху електромагнітної ударно-вібраційної установки з урахуванням впливу бетонної суміші є актуальним і своєчасним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до науково-дослідних держбюджетних тем «Теорія взаємодії технічних систем будівельного виробництва статичної і динамічної дії з напружено-деформованим середовищем», «Теоретичні основи руху землерийних і ущільнювальних машин будіндустрії» кафедри машин і обладнання технологічних процесів та будівельних машин Київського національного університету будівництва і архітектури (номери державної реєстрації 0107U000448, 0110U002179).

Мета і задачі досліджень. Мета роботи полягає в дослідженні закономірностей взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної установки і визначення на цій основі розрахункових залежностей параметрів машини за умови високої ефективності ущільнення та мінімальних енерговитрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- аналіз методів оцінки параметрів робочого процесу ущільнення сумішей (амплітудно-частотний, динамічна петля гістерезису, резонансний метод та ін.);

- розробка методики експериментальних досліджень, конструювання та створення лабораторної установки;
- проаналізувати вплив параметрів бетонної суміші на динаміку ударно-вібраційної установки;
- обґрунтування математичної моделі процесу – виведення рівнянь руху та їх розв’язок і аналіз;
- експериментальні дослідження зміни напруження та відносної деформації в шарах суміші та порівняння з теоретичними дослідженнями;
- забезпечення раціонального режиму руху робочого органу вібромашини в залежності від параметрів середовища;
- розробка методики розрахунку параметрів машин.

Об’єкт дослідження – робочий процес взаємодії елементів системи “машина – середовище”.

Предмет дослідження – параметри руху електромагнітної ударно-вібраційної установки з урахуванням впливу бетонної суміші.

Методи дослідження базуються на основних положеннях класичної теорії коливань механічних систем і суцільних середовищ, прикладної механіки. Для обґрунтування та проведення експериментальних досліджень були застосовані методи математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі аналізу параметрів руху електромагнітної ударно-вібраційної установки з урахуванням впливу бетонної суміші:

- *вперше* визначено зв’язок параметрів руху робочого органу вібромашини з параметрами впливу бетонної суміші шляхом розв’язання контактної задачі взаємодії робочого органу ударно-вібраційної установки з бетонною сумішшю за умов віброущільнення;
- *встановлено залежності* переміщення та кута зсуву фаз шарів бетонної суміші по висоті форми;
- *набули подальшого розвитку залежності* зміни спектру контактної взаємодії бетонної суміші з робочим органом вібромашини в процесі ущільнення;
- *встановлено раціональний закон* зміни жорсткості підвіски ударника в межах одного періоду коливань за сукупністю критеріїв.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці уточненої методики й алгоритму інженерного розрахунку основних параметрів електромагнітної ударно-вібраційної установки. Запропоновано нову конструкцію підвіски ударника та розроблено рекомендації з вдосконалення існуючих конструкцій. Створено пакет прикладних програм для розрахунку параметрів віброустановки та середовища на ЕОМ. Здійснено впровадження у виробництво на заводі ЗБК №1 м. Києва та в навчальний процес викладання дисциплін «Машини для виробництва будівельних

матеріалів», «Синтез машин і обладнання будівельної індустрії», а також в курсовому і дипломному проектуванні.

Особистий внесок здобувача. Основні результати теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи отримані автором самостійно.

В опублікованих працях, виконаних в співавторстві, здобувачем здійснено: у роботі [1] – розробку методики експериментальних досліджень; [2] – визначення реакції середовища на рух робочого органу; [3] – вимірювання тиску в бетонній суміші; [4] – експериментальні дослідження взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно – вібраційної установки; [5] – теоретичні дослідження та визначення основних параметрів взаємодії робочого органу віброустановки та середовища; [6] – експериментальні дослідження та описання апаратури; [7] – теоретичні дослідження робочих процесів машин об’ємного формування; [8] – дослідження параметрів процесу ущільнення та розробка системи керування динамічними параметрами ударно-вібраційної установки; [9] – розробка алгоритму чисельного розрахунку взаємодії системи «машина-середовище»; [10] – визначення параметрів процесу ущільнення суміші за методом динамічної петлі гістерезису; [11] – розробка системи керування електромагнітної ударно – вібраційної установки на основі мікроконтролера; [12] – вибір та обґрунтування критеріїв ефективної роботи вібросистеми в умовах взаємодії з оброблюваним середовищем; [13] – дослідження полічастотних режимів руху електромагнітної ударно-вібраційної установки; [14] – розробка методики та визначення основних параметрів низькочастотного електромагнітного збудника коливань.

Апробація результатів досліджень. Основні положення роботи висвітлювались і обговорювались на науково-технічних конференціях Київського національного університету будівництва і архітектури (м. Київ, 1999-2011роки.), на конференціях молодих вчених (КНУБА 2004-2008роки), на науково-технічних конференціях ПНТУ ім. Юрія Кондратюка, м. Полтава 2009-2010р. Повний зміст дисертаційної роботи доповідався та був схвалений на розширеному засіданні кафедри машин і обладнання технологічних процесів КНУБА 2012р.

Публікації. Основні положення та результати дисертаційних досліджень опубліковано у 19 наукових працях, з яких 14 статей у фахових наукових виданнях, 5 патентів України на корисну модель та 4 тези доповіді на конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку використаної літератури і трьох додатків. Загальний обсяг роботи 140 сторінок машинописного тексту. Текст

містить 10 таблиць, 57 рисунків та список використаних джерел з 124 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, визначено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення.

У першому розділі «Аналітичний огляд існуючих методів дослідження», здійснено огляд основних методів дослідження впливу середовища на динаміку ударно-вібраційних установок для ущільнення будівельних сумішей, сформульовані мета та задачі досліджень.

В розвиток теорії робочого процесу вібраційного ущільнення сумішей значний внесок зробили вчені: І.І. Биховський, Б.В. Гусев, А.Е. Дьосов, М.П. Зубанов, В.Л. Іносов, В.О. Іваненко, Г.Я. Куннос, Б.І. Крюков, О.С. Ланець, О.Г. Маслов, І.І. Назаренко, М.П. Нестеренко, К.О. Олехнович, І.Ф. Руденко, О.О. Савінов, В.Л. Сакович, В.Й. Сівко, І.Г. Совалов, А.С. Файвусович, Л.А. Файтельсон, Н.Я. Хархута, Ю.Ф. Чубук, В.П. Шмигальський, В.Б. Яковенко та інші.

Завдяки цим дослідженням створено конструкції вібраційних установок для ущільнення будівельних сумішей, досліджено вплив середовища на коливання віброустановок, визначено напрями їхнього розвитку, що й стало основою для формулювання мети і задач досліджень.

У другому розділі «Експериментальні дослідження взаємодії середовища з робочим органом» наведено результати експериментальних досліджень з метою встановлення закономірності руху електромагнітної ударно-вібраційної установки в умовах взаємодії та впливу оброблюваного середовища на її динаміку.

Було розроблено дослідно-експериментальний комплекс (рис.1), що складається з ударно-вібраційної установки та апаратури прийому і обробки сигналу. Експериментальна установка складається з двох віброблоків на які встановлено форму з сумішшю.

Верхня маса включає масу робочого органу 1, на яку встановлено форму 17 з сумішшю, що ущільнюється, та масу статора 3 електромагніта з котушкою 15. Верхня маса віброізолюється від фундаменту опорними амортизаторами 11. Нижня маса включає масу ударника 16 з якорем 14 електромагніта. Ударник з'єднаний з робочим органом пружними елементами 18. Маси співударяються через буферні елементи 12, зазор в яких менший зазору в магнітопроводі електромагніта. Котушки електромагнітів всіх віброблоків підключено паралельно до виходу блока живлення. Між робочим органом та ударником встановлено переривач живлення 13, який є елементом зворотного зв'язку в схемі керування блоком живлення.

Віброблок працює наступним чином. При протіканні струму в котушці, під дією електромагнітної сили маси зближуються і стискають пружні елементи підвіски ударника. При заданому положенні мас (в початковий момент удару або дещо раніше), переривач знеструмлює котушку. Далі, під дією сили тяги електромагніта, що створюється залишковим струмом, маси продовжують зближуватись і стискають буферні елементи. Далі, під дією потенціальної енергії стиснення буферів та підвіски ударника, а також за рахунок відновлення швидкості після удару, маси віддаляються. Через заданий інтервал часу (в початковий момент зближення мас або дещо пізніше) реле часу, увімкнене в схему керування, подає живлення на котушку і цикл повторюється.

Визначення параметрів взаємодії середовища з робочим органом установки здійснювалось за допомогою тензометричного обладнання. Для дослідження хвильових явищ в бетонній суміші використовувались датчики тиску (мездози) конструкції ЦНДІБК. Тарування датчиків тиску здійснювалось за допомогою тарувального пристрою, в якому створюється тиск і вихідний сигнал датчика фіксується в ЕОМ. Запис переміщення шарів суміші здійснювався за допомогою нестандартних датчиків які представляють собою консольні пластинки розміром $(B \times L \times H) = 20 \times 160 \times 1,2$ мм. Чутливими елементами датчиків є тензорезистори, з'єднані за напівмостовою схемою.

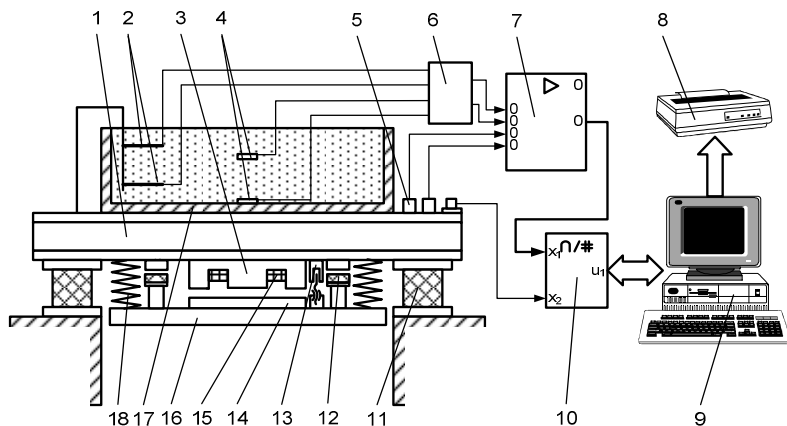


Рисунок 1. Схема дослідно-експериментального комплексу:

1 – робочий орган віброустановки; 2 – датчик переміщення шару суміші; 3 – статор електромагніта; 4 – датчик тиску (мездоза); 5 – датчики переміщення, швидкості та прискорення; 6 – додаткові резистори; 7 – тензостанція; 8 – принтер; 9 – ЕОМ; 10 – аналого-цифровий перетворювач

(АЦП); 11 – опорні амортизатори; 12 – буферні елементи; 13 – переривач живлення; 14 – якір електромагніта; 15 – котушка електромагніта; 16 – ударник; 17 – форма; 18 – пружні елементи.

Під час роботи установки сигнали від тензодатчиків підсилювались за допомогою тензостанції, далі сигнал надходив на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП). АЦП за спеціальною програмою здійснював зчитування аналогового сигналу, перетворення сигналу в числовий код і побудову графіків на екрані ЕОМ.

Побудова графіків та їх аналіз проводились за допомогою пакета стандартних програм MS Office та Mathcad.

Оцінка реакції середовища на рух робочого органу віброустановки зводилась до визначення параметрів напружено-деформованого стану середовища. Для розв'язання задач досліджень було застосовано метод динамічної петлі гістерезису (ДПГ).

Дослідження проводились для повного циклу ущільнення суміші, який визначався за осадкою поверхні та за умов виділення цементного розчину на поверхні. Під час проведення досліджень використовувались основна форма – $b \times h \times l = 0,4 \times 0,3 \times 0,6$ м та метрова форма-вставка $b \times h \times l = 0,2 \times 0,4 \times 1$ м.

Порівнявши розрахунковий графік прискорення робочого органу, отриманий за результатами чисельного розрахунку на ЕОМ (рис. 2), та осцилограму запису тиску в середовищі (рис. 3), можна зробити висновок, що тиск змінюється пропорційно прискоренню робочого органу а також залежить від висоти суміші.

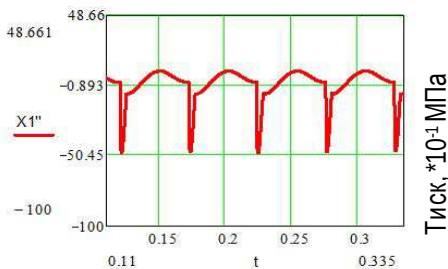


Рисунок 2. Розрахунковий графік прискорення робочого органу.

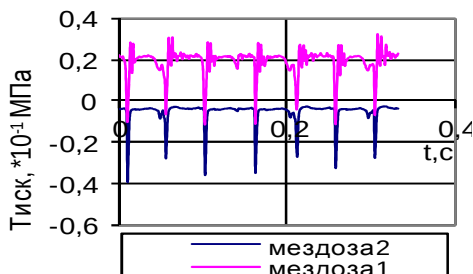


Рисунок 3. Графік зміни тиску в середовищі.

Також, слід відмітити, що мездоза, жорстко встановлена на дні форми, фіксує стрибок тиску під час удару, що супроводжується виникненням гармонік високої частоти. Цей ефект можна пояснити різкою зміною характеру прискорення робочого органу при ударі та при відриві ударника на

ділянці зворотного руху. Під час удару значення тиску складає для мездози1 $P = 0,037$ МПа, для мездози2 $P = 0,028$ МПа.

Аналіз записів (рис. 4) показав, що переміщення шарів суміші змінюється пропорційно висоті суміші та в протифазі до зміни тиску в середовищі. Якщо при цьому порівняти характер зміни тиску під час удару, то можна зробити висновок, що інерційна складова суміші є основною складовою процесу ущільнення. Основні етапи проведення експериментальних досліджень зображено на рис. 5.

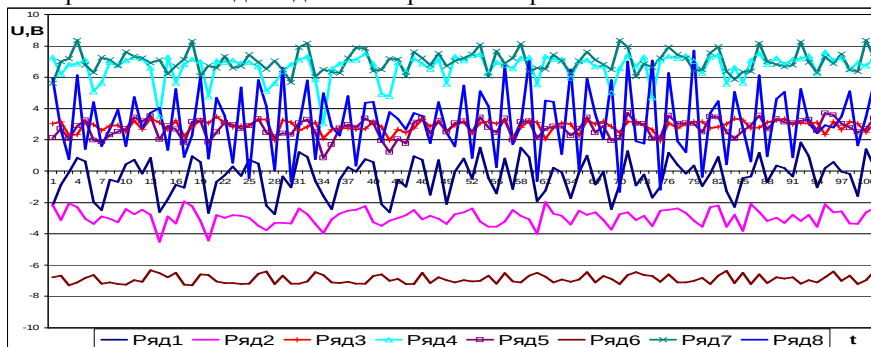


Рисунок 4. Запис переміщення шарів суміші по висоті форми.

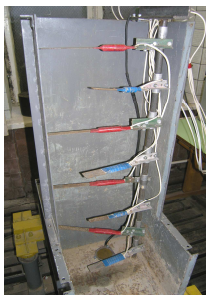
Для вимірювання переміщення та кута зсуву фаз шарів бетонної суміші по висоті форми використовувалась метрова форма з 8-ма встановленими тензOMETричними датчиками (рис. 6).



Віброплощадка з висотою форми 0,3 м



Віброплощадка з висотою форми 1 м



Встановлення датчиків



Завантаження бетонної суміші



Суміш після віброущільнення

Рисунок 5. Основні етапи проведення експериментальних досліджень.

Аналіз результатів показав наступне: в умовах вільного встановлення датчиків, шари суміші на рівні д1, д2, д3 при висоті 0,3 м мають амплітуду руху 0,1...0,3 мм з невеликим зсувом фаз в початковий момент ущільнення. Суміш на рівні д4, д5, д6 характеризується складним рухом – пропорційно переміщенню робочого органу з протифазними показаннями датчиків. Амплітуда руху в даній зоні складає 0,1...0,5 мм, що пов'язано з активним формоутворенням. Якщо порівняти результати експериментальних досліджень з теоретичними то можна зробити висновок, що за умов представлення середовища дискретними моделями бетонна суміш рухається з невеликим запізненням по відношенню до руху робочого органу. Тому для даної зони доцільно використовувати дискретну модель. На рівні д7, д8 амплітуда руху складає 0,7...1,2 мм, характер руху – складний знакозмінний, відрізняється як від нижніх так і середніх шарів. Для даної висоти суміші ($h > 0,5$ м) доцільно використовувати хвильову модель для описання руху суміші.

Виходячи з вищенаведеного можна вказати на наявність в суміші умовно 3-х зон – контактної, перехідної та верхньої. Виходячи з характеру руху суміші в часі можна також весь цикл ущільнення розділити на 3 умовних періоди: період інтенсивного осадження суміші і формоутворення $t = 0 \dots 10$ с, період формоутворення і перерозподілу компонентів суміші, період перерозподілу напружень та деформацій з високою інтенсивністю вищих гармонічних складових.

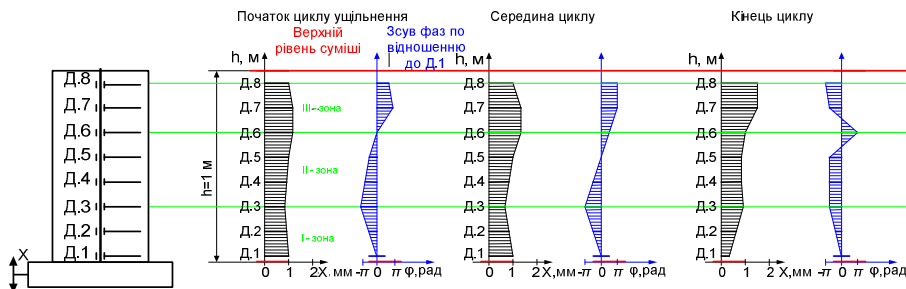


Рисунок 6. Дослідження переміщення шарів суміші та кута зсуву фаз.

Значення переміщення шару суміші та кута зсуву фаз по координаті x можна представити у вигляді поліноміальних рядів:

$$u_{\theta}(x) = -27,401x^4 + 53,998x^3 - 34,147x^2 + 8,6027x + 0,0349, \quad (1)$$

$$\varphi_{\theta}(x) = 76769x^5 - 177571x^4 + 141962x^3 - 44997x^2 + 4549,7x - 107,95, \quad (2)$$

$$u_{\text{жс}}(x) = 2174,5x^6 - 5851,2x^5 + 5979,7x^4 - 2888,9x^3 + 663,8x^2 - 60,76x + 1,601, \quad (3)$$

$$\varphi_{\text{жс}}(x) = -25246x^5 + 55616x^4 - 41096x^3 + 11312x^2 - 853,73x + 20,278, \quad (4)$$

а по координаті t у вигляді тригонометричного ряду Фур'є

$$u(t) = \sum_{n=1}^N (a_n \sin(n\omega t) + b_n \cos(n\omega t)), \quad (5)$$

де a_n, b_n - коефіцієнти ряду, що обчислюються за умов апроксимації експериментальних осцилограм переміщення шарів суміші.

Тоді загальне рішення хвильового рівняння (20) можна записати у вигляді:

$$u(x, t) = u(x)u(t). \quad (6)$$

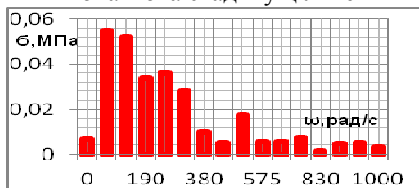
Одним з методів оцінки якісної характеристики взаємодії системи “машина – середовище” є спектральний аналіз сигналу. За допомогою розробленої програми в середовищі MathCAD проведено Фур'є – аналіз напружень в зоні контакту форма – суміш.

За результатами аналізу експериментальних осцилограм встановлено, що спектр взаємодії системи “робочий орган – середовище” змінюється за цикл ущільнення, тому дані для аналізу відбиралися для трьох характерних періодів руху системи у вигляді вибірок масиву даних. Далі, за отриманими даними побудовано тригонометричний ряд напружень в зоні контакту форма-суміш.

Аналіз графіка (рис.7) показав, 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

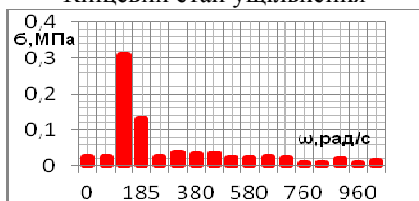
і суміш ще не має достатньої жорсткості. На другому та третьому етапах ущільнення відбувається плавне зміщення спектру в бік 2-ї, 5-ї та 7-ї гармонік. Це можна пояснити зміною властивостей бетонної суміші за час ущільнення.

Початкова стадія ущільнення



Максимальний вклад в спектр зміни тиску вносить 1-ша гармоніка ($\omega_1=20\pi$ рад/с), другий пік відповідає 4-й гармоніці ($\omega_4=251.33$ рад/с), третій максимум встановлює 8-ма гармоніка ($\omega_8=502.65$ рад/с).

Кінцевий етап ущільнення



Максимальний вклад в спектр зміни тиску вносить 2-га гармоніка ($\omega_2=125.66$ рад/с), другий пік відповідає 5-й гармоніці ($\omega_5=314.16$ рад/с).

Рисунок 7. Спектр напруження в зоні контакту “форма – суміш”.

У третьому розділі «Теоретичні дослідження руху ударно-вібраційної установки в умовах взаємодії із оброблюваним середовищем» складено і розв’язано рівняння руху віброустановки відповідно до взаємодії з середовищем, що ущільнюється, визначено основні параметри робочого процесу; встановлено ступінь впливу суміші на динаміку віброустановки; розроблено алгоритм розрахунку основних параметрів електромагнітної ударно-вібраційної установки.

Для складання математичної моделі пропонується метод, у відповідності з яким робоче середовище в процесі коливань враховується в рівняннях руху робочих органів машин у вигляді контактної сили, що називається реакцією середовища. В якості фізичної моделі використовувалась система з розподіленими параметрами. Модель системи та схему прикладання сил представлено на рис. 8.

Досліджувана система складається з маси m_1 – робочого органу і частини маси форми з сумішшю, яка припадає на один віброблок а також маси m_2 – ударника. Коливання мас збуджуються електромагнітом з силою тяги F_e . Співударяння мас відбувається через пружні елементи (буфера) жорсткістю c_2 з коефіцієнтом опору b_2 . Взаємне переміщення мас забезпечується за рахунок пружних елементів (підвіски ударника) жорсткістю c_1 з коефіцієнтом опору b_1 . Маса m_1 віброізолюється від

фундаменту опорними пружними елементами (амортизаторами) жорсткістю c_3 з коефіцієнтом опору b_3 . При забезпеченні умови віброізоляції, опорні пружні елементи не виявляють суттєвого впливу на рух системи, тому, можна прийняти, $c_3=0$ і $b_3=0$.

В системі з розподіленими параметрами реакція середовища представляється у вигляді контактної сили (сили опору середовища):

$$F_{on} = S \left(E \frac{\partial u}{\partial x} + \rho \beta \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} \right). \quad (7)$$

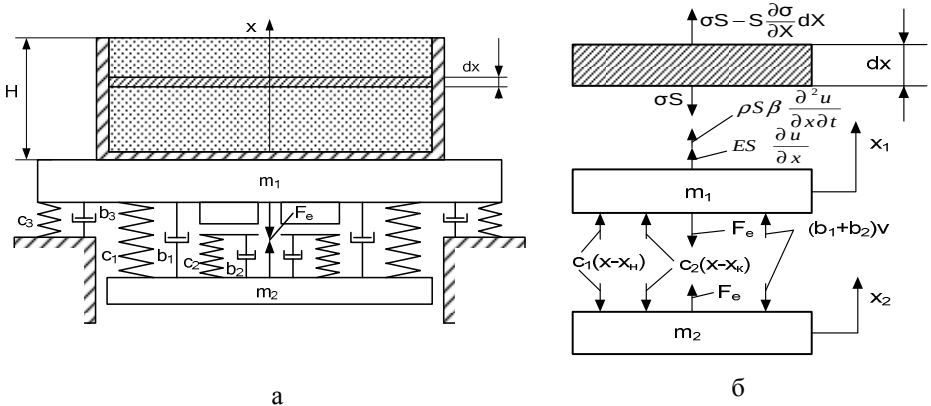


Рисунок 8. Модель системи “машина-середовище”:

а – фізична модель; б – схеми прикладання сил.

Динаміка системи описується рівняннями руху мас та рівняннями електромагнітного ланцюга. Рівняння руху верхньої маси:

$$m_1 \ddot{x}_1 + (b_1 + b_2)(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + b_3 \dot{x}_1 + c_1(x_1 - x_2) + c_2(x_1 - x_2 + x_k) + c_3 x_1 = -F_e, \quad (8)$$

де $\ddot{x}_1$ - прискорення маси m_1 .

Рівняння руху ударника:

$$m_2 \ddot{x}_2 - (b_1 + b_2)(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) - c_1(x_1 - x_2) - c_2(x_1 - x_2 + x_k) = F_e, \quad (9)$$

де $\ddot{x}_2$ - прискорення маси m_2 ;

$x_k = 0.003\text{м}$ – зазор в магнітопроводі для запобігання співударяння статора та якоря електромагніта.

$$\text{Рівняння електромагнітного ланцюга: } \dot{\psi}_n = U - iR. \quad (10)$$

Моменти початку і кінця періодів руху визначались таким чином: кінець робочого ходу і початок удару – нульовий зазор в буферах (зазор в

магнітопроводі $x = x_k$); кінець удару і початок зворотного ходу – рівність сил пружності і опору в буферах:

$$c_2(x - x_k) = b_2 v. \quad (11)$$

Кінець зворотного ходу та початок робочого ходу – зміна знаку швидкості:

$$v_{i-1} > 0, v_i = 0, v_{i+1} < 0, \quad (12)$$

де L – індуктивність котушки, Гн; i – струм в котушці, А; R – опір котушки, Ом.

В рівняннях (8-10) слід враховувати:

$$\text{в момент початку удару } c_2 = c_2, b_2 = b_2; \text{ кінець удару } c_2 = 0, b_2 = 0; \quad (13)$$

$$\text{в момент вмикання напруги живлення електромагнітів } U = U, r = r_k; \quad (14)$$

$$\text{в момент вимкнення напруги живлення електромагнітів } U = 0, r = r_k + R_r. \quad (15)$$

Розглядаючи систему з розподіленими параметрами приведемо основні допущення прийняті в моделі:

- сила пружності підвіски ударника відповідає закону Гука;
- при розгляді напружено – деформованого стану середовища сили бокового опору не враховувались, тобто розглядається одномірна задача;
- процеси, що відбуваються в середовищі підпорядковуються лінійному закону;

Згідно принципу Даламбера запишемо рівняння руху системи з урахуванням сили опору середовища.

Рівняння руху робочого органу:

$$\frac{dv_1}{dt} = \frac{1}{m_1} \left[-(b_1 + b_2)v - (c_1 + c_2)x + c_1 x_n + c_2 x_k + F_{on} - \frac{ab\psi^2}{2(b+x)^2} \right]. \quad (16)$$

Рівняння руху ударника:

$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{1}{m_2} \left[c_1 x_n + c_2 x_k - (c_1 + c_2)x - (b_1 + b_2)v - \frac{ab\psi^2}{2(b+x)^2} \right]. \quad (17)$$

Рівняння зміни потокозчеплення:

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{U - iR - \frac{L_0 a \psi b v}{(b+x)^2}}{\frac{L_0 a x}{b+x} + L_0 A D e^{D\psi} + 1}, \quad (18)$$

де $x = x_1 + x_2 + x_k$ – координата відносного положення мас.

(19)

Рівняння руху шару суміші:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \beta \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t},$$

(20)

де β - коефіцієнт кінематичної в'язкості, m^2/c ;

c – швидкість розповсюдження хвиль деформації в шарах суміші.

Поставлена задача розв'язувалась за методом Даламбера.

Якщо позначити $x_I(t)$ – переміщення робочого органу, тоді загальне рішення з урахуванням затухання записується у вигляді:

$$u(x, t) = x_I \left(t - \frac{x}{c} \right) e^{-\zeta x} + x_I \left(t - \frac{2H - x}{c} \right) e^{-\zeta(2H - x)}, \quad (21)$$

де ζ - коефіцієнт затухання хвилі по висоті суміші (визначається експериментально).

Запишемо початкові та граничні умови:

при $t=0$ $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$; при $x=H$ $\frac{\partial u}{\partial x} = \xi(H, t) = 0$; при $x=0$ $u(0, t) = x_I(t)$.

Загальне рішення хвильового рівняння має вигляд:

$$u(x, t) = x_{1-i-\phi}(t) e^{-\zeta x} + x_{1-i-v}(t) e^{-\zeta(2H - x)}. \quad (22)$$

У відповідності до загального рішення хвильового рівняння (20) знайдемо складові сили опору (7) середовища.

Відносна деформація для довільного шару суміші:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \xi|_{x=x_{uc}} = -x_{1-i-\phi} \zeta e^{-\zeta x} + x_{1-i-v} \zeta e^{-\zeta(2H - x)}. \quad (23)$$

Відносна деформація для зони контакту:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \xi|_{x=\Delta x} = -x_{1-i} \zeta e^{-\zeta \Delta x} + x_{1-i-v} \zeta e^{-\zeta(2H - \Delta x)}. \quad (24)$$

Швидкість руху шару суміші:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} = \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_j - \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{j-1} \right)}{\Delta t}, \quad (25)$$

де $v = \frac{2H - \Delta x}{c \Delta t}$ – кількість чисельних кроків запізнення хвилі, відбитої від

верхньої межі, при досягненні контактного шару суміші зі швидкістю c ;

$\phi = \frac{x_{uc}}{c \Delta t}$ – кількість кроків запізнення падаючої хвилі при досягненні шару

суміші висоти x_{uc} ; $v = \frac{2H - x_{uc}}{c \Delta t}$ – кількість чисельних кроків запізнення

хвилі, відбитої від верхньої межі, при досягненні шару суміші висоти $2H - x_{uc}$;

$\Delta x = c \Delta t$ - елементарний шар суміші.

Розраховуємо систему рівнянь чисельним методом Рунге – Кутта 1-го порядку точності за допомогою спеціально створеної програми в середовищі MathCAD, яка дає можливість будувати графіки а також виводити числові дані динамічних параметрів як вібронасоси так і середовища.

Наступним етапом є дослідження залежності параметрів системи від часу затримки на вмикання живлення електромагнітів, жорсткості пружної підвіски ударника, недовантаження та перевантаження віброблоку.

Відомо, що в процесі роботи бетонна суміш змінює свої характеристики, тому однією з умов ефективного проектування вібросистем є перевірка ефективності роботи машини в умовах можливих відхилень робочих параметрів. З роботи Баранова Ю.О. відомо, що цілеспрямованою зміною жорсткості підвіски ударника C_1 та часом затримки на вмикання живлення електромагнітів t_z можна керувати параметрами роботи машини для забезпечення необхідного за технологією змінного режиму ущільнення.

В результаті аналізу залежності основних параметрів роботи машини від t_z (рис. 9) встановлено, що частота ударів змінюється в середньому на 15%, напіврозмах коливань на 30%, потужність – більш ніж на 100%. Характер зміни напіврозмаху та потужності в залежності від жорсткості ресори є нелінійним і раціональним в межах оптимальних параметрів машини. Напіврозмах коливань робочого органу змінюється на 100%, потужність – більш ніж на 100%. частота руху робочого органу змінюється в межах 30% (рис. 10).

За результатами досліджень можна зробити такий висновок – зміною часу затримки на вмикання живлення електромагнітів в межах 0,2...0,45 с та жорсткістю ресори в межах 200000...500000 Н/м існує можливість керувати параметрами роботи машини у відповідності до змін параметрів середовища в межах технологічних вимог, з дотриманням умов стійкості та мінімуму енерговитрат.

Для забезпечення необхідної якості ущільнення бетонної суміші необхідно створити напружено-деформований стан середовища параметри якого відображаються у співвідношеннях (22-25), які, в свою чергу, залежать від параметрів робочого органу вібронасоси. Таким чином, керуючи параметрами робочого органу вібронасоси ми можемо створювати необхідний за технологією режим ущільнення.

Ефективності полічастотного впливу на бетонну суміш за умов віброущільнення присвячено багато праць, проте, практичне впровадження зазначеного положення в основному зводиться до реалізації принципу суперпозиції.

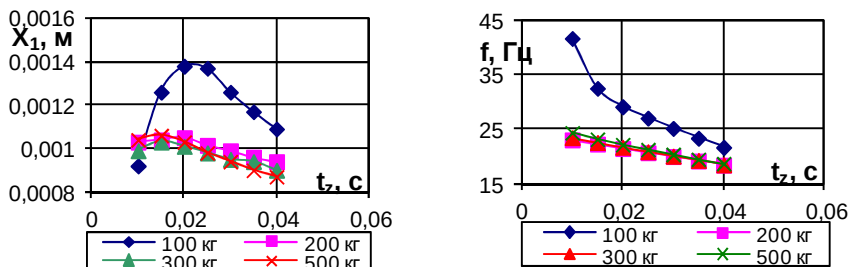
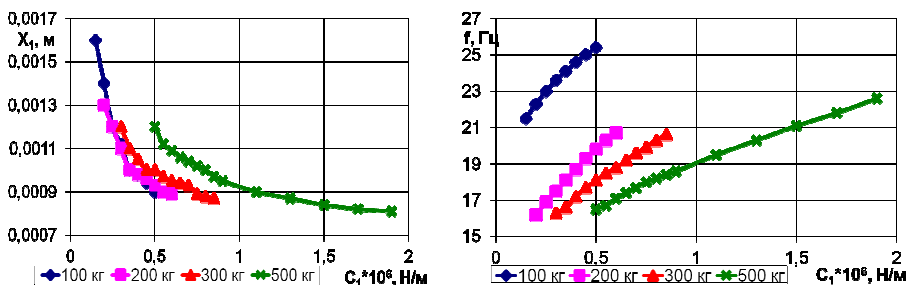


Рисунок 9. Залежність кінематичних параметрів системи від t_3 .

Відомо, що процес ущільнення бетонної суміші з точки зору ефективності впливу різних параметрів вібрації є досить складним. 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 коливальних робочого органу.

Наступним етапом досліджень є розробка нової конструкції машини, що розв'язує задачу підвищення якості ущільнення виробів за рахунок реалізації полічастотного режиму руху робочого органу та ефективності використання живлення електроприводу системи за рахунок використання залишкової енергії котушки, що розсіюється.



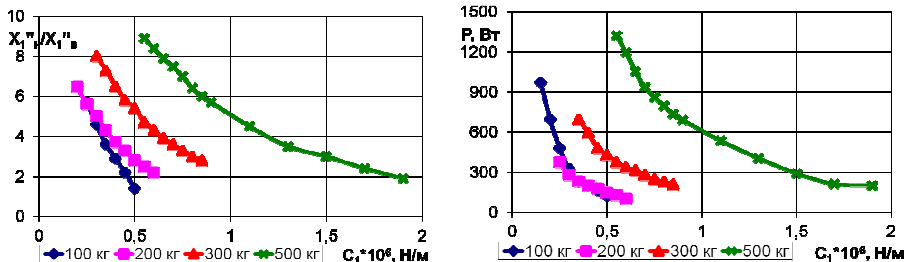


Рисунок 10. Залежність кінематичних параметрів системи від жорсткості ресори C_1 .

Поставлена задача вирішується шляхом вдосконалення існуючої машини за рахунок встановлення електромагнітного підвішування ударника у вигляді додаткових електромагнітів-соленоїдів та системи керування на які спрямовується перерозподілена та залишкова енергія поля основної котушки на ділянці зворотного ходу.

Для усунення недоліків, виявлених в процесі досліджень створена установка в якій змінена конструкція підвіски ударника. Особливість роботи нової конструкції полягає в тому, що в момент відриву буферів залишкова енергія котушки основного електромагніта подається через програмований мікроконтролер на котушки електромагнітів-соленоїдів підвішування, створюючи високочастотну зміну жорсткості системи підвішування ударника і, таким чином, забезпечує полічастотний характер руху робочого органу.

Наступним етапом є теоретичне моделювання роботи машини за умов зміни жорсткості підвішування ударника за трикутним, прямокутним та за законом синуса. Моделювання проводилось за таких початкових умов: вантажопідйомність віброблока 100 кг, жорсткість $C_1 = 80000 \dots 480000 \text{ Н/м}$, час затримки $t_z = 0,03 \dots 0,04 \text{ с}$. Програмно жорсткість змінювалась лише в міжударний період.

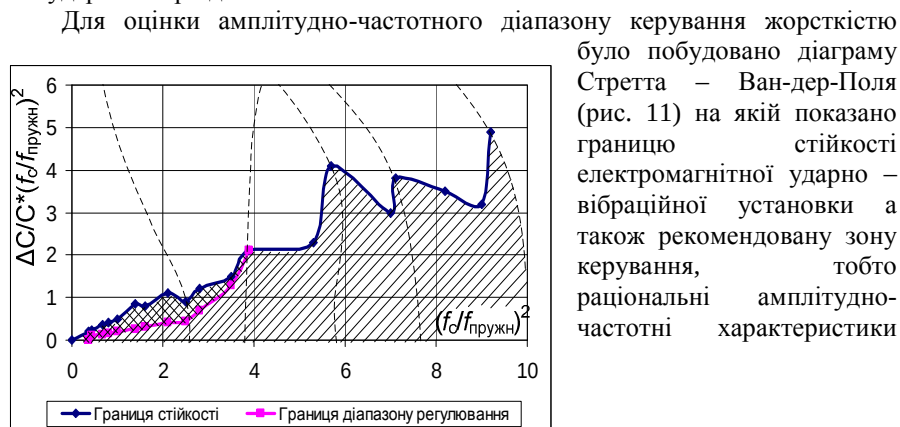


Рисунок 11. Діаграма стійкості.

керуючої функції з точки зору стійкості системи. Це дає можливість реалізовувати стійкий полічастотний рух робочого органу.

Параметри стійкості розраховані для діапазону вантажопідйомностей вібро-блока 100...500 кг.

В умовах проектування ударно-вібраційних машин для ущільнення будівельних сумішей однією з найважливіших задач є оцінка характеру та величини енергії, що передається від робочого органу до середовища та визначення раціональних параметрів машини та середовища, що забезпечують даний процес.

Робота що передається робочим органом може бути оцінена за критерієм інтенсивності, ефективність передачі енергії до середовища – за допомогою площі динамічної петлі гістерезису або миттєвої потужності на стиснення.

Для оцінювання зміни амплітудно – частотного спектру взаємодії для визначення раціональних режимів руху системи може бути використано Фур’є – аналіз експериментальних даних.

Оцінити ефективність полічастотного режиму взаємодії можливо за допомогою енергії прискорень по Апелю. В якості інтегрального критерію, що мінімізує відхилення динамічних параметрів системи вищих порядків, які можуть призвести до втрати стійкості слугує принцип Гамільтона – Остроградського що мінімізується за допомогою рівняння Ейлера – Лагранжа – Пуассона.

Побудувавши графік залежності похідної сили тяги електромагніта взятої по координаті x від відносного переміщення мас (рис. 12) та порівнявши з графіком зміни жорсткості підвіски в часі за критерієм Ейлера – Лагранжа – Пуассона (рис. 13) можна зробити висновок: функція керування повинна бути подібна до функції вимушуючої сили. Це логічно, оскільки динамічні параметри системи змінюються за законом вимушуючої сили, а також якщо технічно здійснювати пружне підвищення за допомогою електромагніту, тоді, стає очевидним, що функція яку “найпростіше” реалізувати буде саме закон зміни тяги електромагніта.

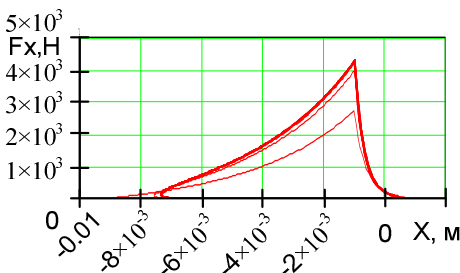


Рисунок 12. Графік залежності сили тяги електромагніта від зазору в

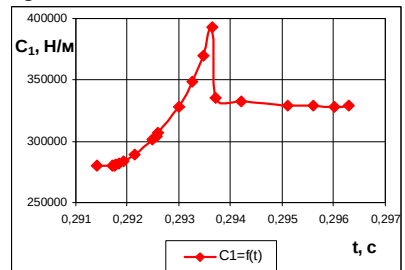


Рисунок 13. Графік зміни жорсткості ресори в часі за

магнітопроводі.

критерієм Ейлера-Лагранжа-Пуассона.

Таким чином здійснювати керування параметрами основного електромагніта можливо за допомогою параметрів електричного ланцюга (U , I), керувати зміною амплітуди та частоти коливань робочого органу можливо за допомогою t_z та C_1 (const), створення полічастотного режиму коливань можливо за допомогою змінної функції жорсткості підвіски ударника C_1 (var).

Графік раціонального закону зміни жорсткості підвіски можна представити у вигляді поліноміального ряду:

$$C_1 = -8 \cdot 10^{17} \cdot t^5 + 10^{18} \cdot t^4 - 7 \cdot 10^{17} \cdot t^3 + 2 \cdot 10^{17} \cdot t^2 - 3 \cdot 10^{16} \cdot t + 2 \cdot 10^{15}. \quad (26)$$

У четвертому розділі «Практична реалізація результатів роботи та оцінка їхньої ефективності» наведено принципи створення високоефективних електромагнітних ударно-вібраційних установок, алгоритм розрахунку основних параметрів та здійснено оцінку ефективності досліджень.

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень розроблена уточнена методика інженерного розрахунку двомасової електромагнітної ударно-вібраційної установки, що враховує вплив оброблюваного середовища.

За результатами досліджень створено лабораторний учбовий стенд що представляє модель електромагнітної ударно – вібраційної установки яка працює на пульсуючому струмі за напівперіодною схемою випрямлення з частотою 25 Гц;

Наступним впровадженням в учбовий процес є застосування дослідницького комплексу для визначення основних параметрів лабораторної ударно-вібраційної площадки. Сутність роботи полягає у дослідженні закономірностей зміни параметрів роботи машини в умовах взаємодії з оброблюваним середовищем.

Запропоновано нову конструкцію підвіски ударника а також нові параметри і характеристики використані у вивченні дисциплін «Машини для виробництва будівельних матеріалів» та «Синтез машин і обладнання будіндустрії». Здійснено впровадження у виробництво на заводі ЗБК №1 м. Києва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено вирішення важливого науково-практичного завдання, яке полягає у встановленні закономірностей руху електромагнітної ударно-вібраційної установки в умовах взаємодії та впливу оброблюваного середовища на її динаміку на різних етапах ущільнення а також у встановленні раціонального періодичного закону зміни жорсткості підвіски ударника. Отримані на цій основі аналітичні залежності

забезпечують дотримання заданих технологією параметрів ущільнення за мінімальних енерговитрат.

1. Огляд існуючих методик визначення основних параметрів взаємодії робочого органу електромагнітної ударно-вібраційної системи та середовища виявив доцільність дослідження поведінки системи з метою встановлення зв'язку властивостей середовища з параметрами руху ударно-вібраційної установки.

2. Встановлено зв'язок параметрів руху робочого органу вібромашини з параметрами впливу бетонної суміші шляхом розв'язання контактної задачі взаємодії робочого органу ударно-вібраційної установки з бетонною сумішшю за умов віброущільнення.

3. Отримано графіки та знайдено апроксимовані залежності переміщення та кута зсуву фаз шарів бетонної суміші по висоті форми, що дають можливість уточнити математичну модель взаємодії робочого органу та середовища.

4. Отримано закономірність зміни спектру контактної взаємодії бетонної суміші з робочим органом вібромашини в процесі ущільнення, та встановлено, що домінуючими гармоніками на початковому етапі ущільнення є 1-ша, 4-та ($\omega_1=20\pi$ рад/с, $\omega_4=251.33$ рад/с,) на кінцевому етапі відповідно 2-га, 5-та ($\omega_2=125.66$ рад/с, $\omega_5=314.16$ рад/с). Це дає можливість внести уточнення в методику інженерного розрахунку, шляхом врахування вищих гармонічних складових.

5. В режимі математичного моделювання отримано стійкий полічастотний характер руху робочого органу, завдяки якому стає можливим збільшити інтенсивність передачі енергії від робочого органу до середовища на 15-30%.

6. Знайдено раціональний закон зміни жорсткості підвіски ударника в межах одного періоду коливань за критерієм Ейлера-Лагранжа, що дає можливість створювати полічастотний режим руху робочого органу за умов збереження стійкості руху системи та мінімальних енерговитрат.

7. Встановлено, що раціональні значення частот вищих гармонічних складових коливального руху повинно бути в межах – $f_{s,z} = (3...10)\omega_0$, амплітудні значення прискорення вищих гармонічних складових мають бути в межах – $\ddot{X}_{s,z} = (0,5...0,1)\ddot{X}_1$.

8. Розроблено нову конструкцію магнітно-підвішеного ударника, роботоздатність якого підтверджена в конструкції лабораторної установки. Нове конструктивне рішення дає можливість керувати параметрами руху робочого органу у відповідності до властивостей бетонної суміші та технологічних вимог.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

Статті опубліковані у фахових виданнях

Баранов Ю.О. Методика експериментальних досліджень взаємодії середовища з робочим органом ударно-вібраційної площадки / Ю.О. Баранов, М.О. Клименко, В.А. Басараб // Техніка будівництва №11.К.: КНУБА, 2002. – с.24-28.

Баранов Ю.О. Моделювання реакції середовища на рух робочого органу віброударної площадки / Ю.О. Баранов, В.А. Басараб // Техніка будівництва №9.К.: КНУБА, 2001. – с.41-44.

Басараб В.А. Вимірювання тиску в бетонній суміші / В.А. Басараб // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. №55.К.: КНУБА, 2000. – с.77-79.

Назаренко І.І. Експериментальні дослідження взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки / І.І. Назаренко, Ю.О. Баранов, В.А. Басараб // Техніка будівництва №14.К.: КНУБА, 2003. – с.43-47.

Басараб В.А. Теоретичні дослідження взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки / В.А. Басараб // Техніка будівництва №18.К.: КНУБА, 2006. – с.60-66.

Басараб В.А. Експериментальні дослідження взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки / Басараб В.А. // Техніка будівництва №13.К.: КНУБА, 2002. – с.96-98.

Назаренко І.І. Основні положення теорії робочого процесу та впровадження вібромашин об'ємного формування / І.І. Назаренко, Ю.О. Баранов, А.Т. Свідерський та ін. // Техніка будівництва №18.К.: КНУБА, 2006. – с.23-38.

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.

Басараб В.А. Алгоритм чисельного розрахунку взаємодії робочого органу та середовища ударно-вібраційної машини / В.А. Басараб // Техніка будівництва №20.К.: КНУБА, 2007. – с.89-96.

Назаренко І.І. Дослідження процесу ущільнення суміші в умовах ударно-вібраційного навантаження за допомогою методу динамічної петлі гістерезису / І.І. Назаренко, Ю.О. Баранов, В.А. Басараб // Техніка будівництва №21.К.: КНУБА, 2008. – с.77-81.

Назаренко І.І. Розробка системи керування та впровадження низькочастотної електромагнітної вібромашини / І.І. Назаренко, Ю.О. Баранов, І.М. Кравченко та ін. // Техніка будівництва №23.К.: КНУБА, 2009. – с.64-69.

Назаренко І.І. Вибір та обґрунтування критеріїв ефективної роботи вібросистеми в умовах взаємодії з оброблюваним середовищем / І.І.

Назаренко, Ю.О. Баранов, В.А. Басараб // Теорія і практика будівництва №5. К.: КНУБА, 2009. – с.3-6.

Назаренко І.І. Дослідження полічастотних режимів руху електромагнітної ударно-вібраційної площадки для ущільнення бетонних сумішей / І.І. Назаренко, Ю.О. Баранов, В.А. Басараб // Збірник наукових праць “Галузеве машинобудування, будівництво” , вип. 23, т.2. Полтава: ПолтНТУ, 2009.– с.16-21.

Назаренко І.І. Методика та визначення основних параметрів низькочастотного електромагнітного збудника коливань / І.І. Назаренко, Ю.О. Баранов, В.А. Басараб // Збірник наукових праць “Галузеве машинобудування, будівництво” , вип. 1(26),. Полтава: ПолтНТУ, 2010. – с.63-68.

Патенти

Патент на КМ 10613. Україна, МПК В28В1/08. Електромагнітна ударно-вібраційна установка для формування бетонних виробів / Назаренко І.І., Баранов Ю.О., Свідерський А.Т., Кравченко І.М., Клименко М.О., Басараб В.А.; заявник та власник Баранов Ю.О. – № у 200505006; заявл. 26.05.2005; опубл. 15.11.2005, бюл. № 11.

Патент на КМ 14559. Україна, МПК В28В1/08. Електромагнітна ударно-вібраційна установка для формування бетонних виробів / Назаренко І.І., Баранов Ю.О., Свідерський А.Т., Кравченко І.М., Клименко М.О., Басараб В.А.; заявник та власник Баранов Ю.О. № у 200511494; заявл. 05.12.2005; опубл. 15.15.2006, бюл. № 5.

Патент на КМ 15850. Україна, МПК E02D3/046, E01C19/22. Електромагнітна трамбівка / Назаренко І.І., Баранов Ю.О., Свідерський А.Т., Кравченко І.М., Клименко М.О., Басараб В.А.; заявник та власник Баранов Ю.О. № у 200600975; заявл. 02.02.2006; опубл. 17.07.2006, бюл. № 7.

Патент на КМ 19292. Україна, МПК E01C19/00, E02D3/00. Електромагнітна трамбівка / Назаренко І.І., Баранов Ю.О., Свідерський А.Т., Кравченко І.М., Клименко М.О., Басараб В.А., Щербина Т.Ф.; заявник та власник Баранов Ю.О. № у 200606023; заявл. 31.05.2006; опубл. 15.12.2006, бюл. № 12.

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.

Тези доповідей на конференціях

Басараб В.А. Експериментальні дослідження процесу ущільнення суміші на електромагнітній установці / В.А. Басараб // Тези доповідей 65-ї науково-практичної конференції 20-22 квітня 2004 року, підсекція при

кафедрі машин і обладнання технологічних процесів КНУБА, – К., 2004. – с. 204.

Басараб В.А. Теоретико-експериментальні дослідження взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки / В.А. Басараб // Тези доповідей наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів 17-19 жовтня 2006 року, секція будівельних машин та обладнання КНУБА, – К., 2006. – с. 63-64.

Басараб В.А. Моделювання процесу взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки / В.А. Басараб // Тези доповідей наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів 6-9 листопада 2007 року, секція будівельних машин та обладнання КНУБА, – К., 2007. – с. 61-62.

Басараб В.А. Алгоритм чисельного розрахунку моделей взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки / В.А. Басараб // Тези доповідей наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів 4-6 листопада 2008 року, секція будівельних машин та обладнання КНУБА, – К., 2008. – с. 84-85.

АНОТАЦІЇ

Басараб В.А. Визначення параметрів руху електромагнітної ударно-вібраційної установки з урахуванням впливу бетонної суміші. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.02 – Машини для виробництва будівельних матеріалів виробів і конструкцій. – Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, 2013.

Дисертація присвячена дослідженню взаємодії середовища (бетонної суміші) з робочим органом електромагнітної ударно – вібраційної установки в умовах віброушільнення. Створено дослідно – експериментальний стенд, що включає ударно – вібраційну установку та апаратуру прийому, запису та аналізу даних. Проведено комплекс експериментальних досліджень з використанням методу динамічної петлі гістерезису для висоти суміші до 1 м. Здійснено спектральний аналіз напружень в бетонній суміші та отримано закономірність його зміни в процесі ушільнення.

Досліджено поведінку системи для дискретної та континуальної моделей середовища. В режимі моделювання зміною параметрів керування – пружністю підвіски ударника та часом затримки на вмикання живлення електромагнітів отримано стійкий полічастотний режим руху робочого органу. Знайдено раціональний закон зміни пружності підвіски ударника в межах одного періоду коливань.

Запропоновано нову конструкцію підвіски ударника. Наведено уточнену методику інженерного розрахунку для вантажопідйомності віброблока до 500 кг.

Ключові слова: ударно – вібраційна установка, динамічна петля гістерезису, спектральний аналіз напружень в бетонній суміші, полічастотний режим руху робочого органу, чисельний розрахунок.

Басараб В.А. Определение параметров движения электромагнитной ударно-вибрационной установки с учетом влияния бетонной смеси. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.02 – Машины для производства строительных материалов изделий и конструкций. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, 2013.

Диссертация посвящена исследованию взаимодействия среды (бетонной смеси) с рабочим органом электромагнитной ударно – вибрационной установки в условиях виброуплотнения . Создан опытно – экспериментальный стенд, который включает ударно – вибрационную установку и аппаратуру приема, записи и анализа данных. Проведен комплекс экспериментальных исследований с использованием метода динамической петли гистерезиса для высоты смеси до 1 м. Осуществлен спектральный анализ напряжений в бетонной смеси и получена закономерность его изменения в процессе уплотнения.

Исследовано поведение системы для дискретной и континуальной моделей среды. В режиме моделирования изменением параметров управления – упругостью подвески ударника и временем задержки на включение питания электромагнитов получен устойчивый поличастотный режим движения рабочего органа. Найден рациональный закон изменения упругости подвески ударника в пределах одного периода колебаний.

Предложена новая конструкция подвески ударника. Приведена уточненная методика инженерного расчета для грузоподъемности виброблока до 500 кг.

Ключевые слова: ударно – вибрационная установка, динамическая петля гистерезиса, спектральный анализ напряжений в бетонной смеси, поличастотный режим движения рабочего органа, численный расчет.

Basarab V.A. Determination the movement parameters of electromagnetic shock vibration setting with the influence of concrete mix. Manuscript.

Dissertation for the degree of engineering sciences candidate in specialty 05.05.02 – Machines for the construction materials and construction elements production. Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, 2013.

The thesis presents a modern investigation of the problem of interaction between concrete mix and working platform electromagnetic shock – vibration setting under conditions of vibro-compacting. The laboratory test equipment which

includes vibroimpact set and PC – based data acquisition system was created. For the realization of laboratory researches a dynamic loop of hysteresis was applied for the height of the mixture to 1 m. The strain spectral analysis of concrete mix was carried out and it change regularity in the process of compacting was obtained.

Applying the discrete and continuum models of the concrete mix the behavior of the system was researched. Mathematical modeling to deal with MathCAD soft supported. Modeling control parameters – suspended impactor springiness and electromagnets switching power time delay the steady poliharmonic movement of the work platform was obtained. The numeral method with their application to calculation and analysis main parameters of "environment-machine" system in conditions of interaction was created.

Furthermore, the new design of two-mass electromagnetic shock-vibration machine with magnetically suspended construction of impactor was proposed. Improved technique for engineering calculation for vibration platform capacity up to 500 kg was given.

Key word: shock vibration setting, data acquisition system, dynamic loops of hysteresis, strain spectral analysis of concrete mix, poliharmonic movement of the work platform, technique of numeral calculation.