

УДК 69.00.25

**ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА СТВОРЕННЯ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН НА ОСНОВІ ЦІЛЕСПРЯМОВАНОГО
ВРАХУВАННЯ ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
І ОБРОБЛЮВАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ**

І. І. Назаренко, А. Т. Свідерський, М. М. Ручинський, О. П. Дєдов

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, 03680 м. Київ. E-mail: ustylug@i.ua

Досліджені дискретно-континуальні вібростеми. Встановлено, що за рахунок внеску вищих гармонік, досить коректного врахування сил на основі уточнених моделей і налаштування роботи вібростеми з цілеспрямованим використанням загальної енергії машини та середовища відкриваються нові можливості для створення вібростеми нового покоління.

Ключові слова: вібраційна машина, вібростема,

**A THEORY AND PRACTICE OF CREATION OF OSCILLATION MACHINES IS ON BASIS
OF PURPOSEFUL ACCOUNT OF DISKRETNOKONTINUAL'NIKH OF PROPERTIES
OF WORKINGS ORGANS AND PROCESSING ENVIRONMENTS**

I. I. Nazarenko, A. T. Sviderskyi, M. M. Ruchynskyi, O. P. Dedov

Kiev national university of building and architecture
pr. Povitroflotsky, 31, 03680 Kyiv, Ukraine. E-mail: ustylug@i.ua

It is retimed in the article, that due to the deposit of ultraharmonics, the enough correct account of forces on the basis of the specified models and tuning of work of the vibrosystem with the purposeful use of general energy of machine and environment is opened new possibilities for creation of vibromachines of new generation.

Key words: vibromachines, vibrosystem.

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ
ЦЕЛЕУСТРЕМЛЕННОГО УЧЕТА ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНЫХ
СВОЙСТВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И ОБРАБАТЫВАЮЩИХ СРЕД**

И. И. Назаренко, А. Т. Свидерский, Н. Н. Ручинский, О. П. Дедов

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
03680 г. Киев, Воздухофлотский проспект, 31. E-mail: ustylug@i.ua

Исследованы дискретно-континуальные вибростемы. Установлено, что за счёт вклада высших гармоник, достаточно корректного учёта сил на основе уточнённых моделей и налаживания работы вибростемы с целенаправленным использованием общей энергии машины и среды приоткрываются новые возможности для создания вибростеми нового поколения.

Ключевые слова: вибрационная машина, вибростема.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Вібраційні машини широко використовуються в будівельній індустрії, однак існуюча техніка не відповідає сучасним вимогам, і тому виникає проблема пошуку нових підходів у моделюванні, дослідженні та розробці конструкцій машин. Одним із шляхів вирішення проблеми є застосування системного підходу на основі розгляду спільного руху системи «машина – оброблювальне середовище» із ціленаправленим використанням їх внутрішніх властивостей підсистем із реалізацією многорежимності.

У проведених теоретичних дослідженнях [1, 2], а також у практичній реалізації [1–5] було започатковано наукове вирішення проблеми – розробка надійних і найбільш ефективних віброуцілюючих машин забезпечується встановленням і раціональним використанням закономірностей зміни внутрішніх (пружно-інерційних і дисипативних) властивостей системи «машина – середовище».

Метою даної є розроблення теорії робочого процесу взаємодії робочих органів вібростеми та оброблюваних середовищ (бетонних сумішей і ґрунтів) і на цій основі створення машин нового покоління.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. В теоретичних дослідженнях розглядалася модель (рис. 1).

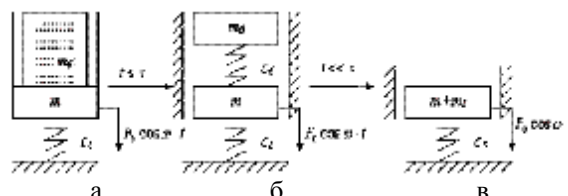


Рисунок 1 – Розрахункові схеми вібростеми:
а – дискретно-континуальна, б – дискретна (двомасова), в – дискретна (одномасова): t – період коливань, τ – час розповсюдження хвилі

Відповідно до запропонованого методу [1], оброблювальне в процесі коливань середовище враховується в рівняннях руху робочих органів машин за допомогою контактної сили, що має назву реакції середовища.

Реакція складається із суми квадратів двох членів, які відрізняються між собою двома коефіцієнтами, що за фізичною сутністю визначають ступінь впливу пружно-інерційних (реактивних) і дисипативних (активних) складових сил середовища на рух системи в цілому.

Отримані теоретичні залежності [2] дали можливість повністю оцінити вплив активних і реактивних сил на рух системи.

Експериментальні дослідження динаміки вібростеми виконувалися на установках, які давали мо-

жливність рееструвати весь комплекс параметрів, що визначають рух та енергетичні властивості.

У межах методу реакції отримано вираз для питомої корисної енергії, що передається від робочого органу середовища через контактну поверхню:

$$P_{num} = \frac{R_{cm} w_{cp} (1-a)}{p^2 S a^2} \cdot \cos^2 \left\{ \frac{p}{2(1-a)} \right\}, \quad (1)$$

де R_{cm} – амплітуда реакції у момент стиснення контактного шару суміші; a – коефіцієнт асиметрії, характеризує співвідношення тривалості навантаження t_{cm} до тривалості розвантаження t_p шару суміші.

Дослідженням (1) на екстремум визначено, що максимальна передача енергії при заданому законі зміни сили $R(t) = -R_{cm} \cdot \sin \left\{ \frac{pt}{t_{cm}(1-a)} \right\}$ можлива при

$a = 0,374$. Вираз (1), що залишається за своєю фізичною сутністю мірою енергії, визначається за інших однакових умов множенням прискорення контактної зони на тривалість навантаження.

Для дослідження інтенсивності динамічного впливу у роботі використано метод динамічної петлі гістерезису. Отримані вирази для площ петлі гістерезису ΔW із різноманітними законами навантаження. При несиметричному законі в стаціонарному режимі роботи

$$\Delta W = \frac{s_{сж} g p}{2E_0 (1+g^2)} \left[1 + \frac{(1-K_t)}{K_t^2} \right], \quad (2)$$

де $K_t = \frac{t}{T}$ – відношення тривалості удару до тривалості процесу (скважність). Із (1) слідує, що площі на стискання і розтискання різні за своєю величиною і залежать від скважності. Тут, як і у формулі (1), визначальним параметром є прискорення контактної зони. Залежності (1, 2) приведено для стаціонарного (встановленого) режиму руху, тобто енергія ΔW , що йде на ущільнення одиниці об'єму суміші v , є величиною постійною. Для оцінки енергії, необхідної на ущільнення суміші від початкового значення щільності до необхідної за технологією, вираз (2) наведено у вигляді:

$$E_n = \frac{t_n}{T} \Delta W_0 n \frac{K_s - 1}{K_s \ln K_s}, \quad (3)$$

де t_n – тривалість технологічного процесу; ΔW_0 – площа петлі гістерезису у початковий момент ущільнення суміші; K_s – коефіцієнт, що характеризує зміни площі петлі гістерезису в процесі коливань.

На основі формул (2) і (3) отримані вирази для питомої потужності і коефіцієнту корисної дії, що має найбільше значення при $K_t = \frac{1}{\sqrt{2}}$. Виведено узагальнюючий критерій оцінки ефективності вібровпливу, який поряд із контактною напругою S і швидкістю деформації v враховує крутизну профілю хвилі навантаження:

$$\frac{s_{сж} \cdot n_{e_1} \cdot \Gamma \left(\frac{n_1 + 1}{2} \right)}{\Gamma \left(\frac{n_1}{2} + 1 \right)} = \frac{s_{сж} \cdot n_{e_2} \cdot \Gamma \left(\frac{n_1 + 1}{2} \right)}{\Gamma \left(\frac{n_2}{2} + 1 \right)}, \quad (4)$$

де $\Gamma(x)$ – гама-функція X ; n_{e_1} – швидкість деформації; n – коефіцієнт, що характеризує крутизну фронту. Система буде ефективнішою, в якій показник (4) буде вищим.

Було оцінено ефективність вібровпливу зі змінними режимами ущільнення при забезпеченні постійного прискорення $a = x_0 w^2$ і постійної питомої потужності $P_{num} = x_0^2 w^3 = const$. При цьому виникло завдання спектрального аналізу – з відомої амплітудно-частотної характеристики вібросистем знайти її амплітуду коливань. Амплітудно-частотна характеристика визначається, виходячи з умов задачі:

$$x_0 = \frac{a}{w^2}, \quad (5)$$

$$x_0 = \frac{\sqrt{P_{num}}}{w^{\frac{3}{2}}}, \quad (6)$$

Результати розрахунків за (6) порівнювались з даними, отриманими із залежності (5).

Зміну амплітудно-частотного спектру визначали вихідною функцією

$$f(t) = \frac{\sqrt{2P_{num}}}{p} \int_{w_0}^{w_1} \frac{\cos wt}{w \sqrt{b_0 + m_0 w d_1}} dw \quad (7)$$

Характерним є те, що в (7) увійшли основні характеристики процесу: питома потужність P_{num} , коефіцієнт опору машини b , маса бетонної суміші m_0 та хвильовий коефіцієнт d , що враховує акустичні властивості та геометричні розміри стовпа ущільнюваного середовища. Вони визначають форму імпульсу, котрий слід подавати від робочого органу в інтервалі частот від W_H до W_0 . Проведені дослідження дозволили сформулювати наступні принципи створення машин нового покоління.

Перший принцип конструювання вібромашин полягає в тому, що оптимальна віброобробка середовищ може проходити лише при змінній частоті віброударного режиму робочого органа вібромашини, тому конструкція вібраційної машини повинна допускати можливість зміни частоти віброуючого органа в робочому режимі.

Другий принцип конструювання вібромашин – це зміна амплітуди коливань робочого органа в процесі віброобробки середовища, оскільки змінюється частота, а джерела енергії, що використовуються у вібромашинах, мають зазвичай, постійну потужність. Крім того, досягнення максимального ступеня руйнування зв'язків структури середовища може бути досягнуте за рахунок змінної амплітуди.

Третій принцип конструювання вібраційних машин – це умова, що чим менше відстань точок середовища до віброуючого органа, тим ефективніша вібраційна обробка. Конструкція вібромашини повинна забезпечити однакову ефективність віброобробки по всьому обсягу середовища.

Четвертий принцип конструювання вібраційних машин полягає в тому, що конструкція вібраційної машини повинна забезпечувати можливість змінювати сили тертя й зчеплення лише в явно вираженому напрямку активної сили. При цьому передбачається, що в інших напрямках сили тертя й зчеплення не можуть перешкоджати дії активної сили.

П'ятий принцип конструювання вібромашин ба-

зується на тому, що оптимальні умови роботи вібромашин містять у собі вимогу передачі максимуму енергії від робочого органа до оброблюваного середовища. Передача максимуму енергії залежить від розміру поверхні безпосереднього контакту робочого органа з оброблюваним середовищем і від характеру руху робочого органа. Відомо, що чим складніше рух, тим більша кінетична енергія. Тому конструкція вібромашин повинна забезпечувати можливість найбільш складного руху робочого органа.

Шостий принцип конструювання вібромашин – це вимога, відповідно до якої конструкція повинна забезпечити можливість безпосередньої передачі руху робочого органа найбільшому числу часток оброблюваного середовища.

Сьомий принцип конструювання вібромашин – це необхідність в її конструкції враховувати особливості процесу, для якого призначається машина.

Вібраційну машину, що задовольняє зазначеним вище принципам, назвемо керованою у часі її вібрації на оброблюване середовище.

Результати виконання досліджень дозволили рекомендувати використання, проектування нових або модернізації існуючих віброушільнюючих наведених вище принципів шляхом адаптації їх до машин наступними основними розрахунковими та конструктивними рішеннями.

1. Розгляд (моделювання) середовища і машини як єдиної системи, що мають свою динамічну індивідуальність. Втілення цього принципу є гарантією руху віброушільнених машин у заданому або встановленому режимі роботи. Це досягається зведенням гібридних динамічних систем до розрахункової схеми з дискретними параметрами, що адекватно відображають фактичний стан вібросистеми в будь-який момент руху. Створені методи розрахунку перевірені практикою і підтверджені задовільним збігом розрахункових і фактичних параметрів.

2. Максимальна концентрація енергії робочого органа за рахунок вищих гармонік. Технологічна ефективність вкладу енергії вищих гармонік реалізується за рахунок цілеспрямованого використання удару і вібрації, забезпечуваного включенням додаткових обмежників коливань і відповідним підбором їх жорсткості, вибором раціонального співвідношення часу удару і періоду коливань. Досягненням цього рішення створюються передумови для створення високоефективних машин із мінімальною енергоємністю.

3. Реалізація технологічно доцільної асиметрії прискорень. Застосуванням цього рішення забезпечується прискорення процесу віброушільнення за рахунок значної асиметрії руху робочого органа віброударних систем.

4. Синхронне забезпечення полі фазних, автокоривальних режимів формування. Реалізуються ці режими в конструкціях вібромашин за рахунок розфазівки дебалансів або застосуванням динамічних схем з незалежною підвіскою ударника, що робить рух під впливом електромагнітного вібробудника на випрямленому струмі.

5. Блочно-модульна побудова конструкцій віброушільнюючих вібромашин з автономними приводами. Це рішення реалізовано у модернізованих вібромайданчиках блокового типу і машинах з електромагнітним приводом. Такі конструкції дозволяють створювати машини будь-якої вантажопідйомності,

забезпечуючи універсальність і зручність в експлуатації і ремонті.

6. Реалізація динамічного керування рухом систем на основі використання внутрішніх властивостей систем. Це рішення лежить в основі використання критеріїв і розроблених методів розрахунку основних параметрів машин, що реалізують гармонічний, поліфазний, резонансний і авторезонансний режими віброушільнення.

ВИСНОВКИ.

1. Розроблена теорія робочого процесу взаємодії робочих органів вібромашин і оброблюваних середовищ (бетонних сумішей і ґрунтів) дала можливість встановити закономірності зміни основних параметрів і створити основні принципи створення машин нового покоління.

2. Запропонований аналітичний метод визначення впливу оброблюваного середовища на динаміку робочих органів віброушільнюючих машин на основі розгляду напруженого стану середовища в контактній зоні.

3. Виявлені зони ефективної дії параметрів і характеристик системи "машина-середовище" для забезпечення високої якості процесу ушільнення в основі якого покладена ідея ціленаправленої використання пружних характеристик загальної вібросистеми, що при всіх рівних умовах ще дає і зменшення енергетичних витрат для деяких машин до 50%.

4. Запропоновані принципи створення вібромашин об'ємного формування з високоефективними показниками за енергоємністю та матеріалоємністю, які впроваджені у виробництво.

ЛІТЕРАТУРА

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. – К.: Видавничий дім «Слово», 2010. – 437 с.
2. Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії. – К.: КНУБА, 2007. – 203 с.
3. Свідерський А.Т. Вивчення та впровадження сучасних гідравлічних вібраційних систем у виробничий процес – шлях до створення універсальних само адаптованих високопродуктивних віброушільнювачів // Техніка будівництва, № 13. – К.: КНУБА, 2004. – С. 66–70.
4. Ручинський М.М. Високоефективна машина для формування фундаментних блоків // Техніка будівництва, № 13. – К.: КНУБА, 2004. – С. 63–65.

REFERENCES

1. Nazarenko I.I. Applied problems of theory vibro-innovative systems. – C.: Publishing house "Slovo", 2010. – 437 Pp. [in Ukrainian].
2. Nazarenko I.I. Vibratory machines and processes of the construction industry. – AK: KNUBA, 2007. – 203 p. [in Ukrainian].
3. Svidersky S.A. Study and introduction of modern hydraulic vibration system in the production process - a way to create a universal well adapted high vibrouschilnyuvachiv // Engineering building, № 13. – K.: KNUBA, 2004. – P. 66–70 [in Ukrainian].
4. Ruchinsky M.M. Visokoefektivna machine formuvannya foundation blokv // Tehnika budivnitstva, № 13. – K.: KNUBA, 2004. – P. 63–65 [in Russian].

Стаття надійшла 20.10.2010.

Рекомендована до друку
д.т.н. проф. Масловим О.Г.