

УДК 69.00.25

Дослідження вібраційної конструкції з полічастотним характером руху**Дєдов О.П.**

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

***Анотація.** Об'єктом дослідження є процес руху конструкції вібраційної машини з просторовими коливаннями. Основним недоліком таких вібраційних систем є відсутність даних про взаємний вплив машин і носіїв. Реалізація ідеї полягає в розробці таких обчислювальних моделей, які враховують взаємний вплив машини і навколишнього середовища на загальний рух: машина – середовище. У зв'язку з цим виникають форми власних коливань системи, які реалізуються з великими амплітудами коливань і відповідно більш низькими частотами. Динамічний аналіз визначає амплітуду коливань конструкції в різних областях (перетинах) і оцінює зміну амплітудно-частотного спектра вібраційного впливу. У порівнянні з аналогічними відомими конструкціями вібраційних машин це може значно знизити енергоємність процесу вібраційної машини.*

***Ключові слова:** динамічне навантаження; частота і форма коливань; просторові коливання; вібратор; вібраційна машина.*

Сучасний стан економіки, потреби сьогоденного ринку і безпосередньо споживачів техніки будівельного призначення висувають нові вимоги. Серед таких вимог є: мінімізація витрат енергії з реалізацією високої якості виконання технологічного процесу; низька матеріалоемність; висока надійність; низька собівартість виготовлення.

З розвитком моделювання та теорії вібраційної техніки перспективними напрямками пошуку конструктивних рішень машин вібраційної дії можна відмітити наступні: зі змінним амплітудно-частотним режимом коливань та з нелінійними характеристиками, застосування ефектів комбінаційних резонансів. Разом з тим, створення та використання техніки із зазначеними режимами в широкому діапазоні технологічних процесів стримується внаслідок відсутності загальноприйнятої моделі, яка відображає реальну поведінку як машини так і оброблювального середовища. Забезпечення значної технологічності машин вібраційної дії значною мірою залежить від фізичної та математичної моделей вібросистеми “машина – оброблюване середовище”, яка адекватно відповідає реальним умовам робочого процесу. Серед труднощів, які мають місце при дослідженні складних динамічних систем можна відмітити наступні: вибір моделі оброблюваного середовища, що обумовлено відсутністю загальноприйнятого підходу до визначення характеристик та їх функціональних залежностей від параметрів вібрації; визначення та врахування сил опору, природа яких пов'язана не лише з дисипативними властивостями середовища, а й особливостями конструкції машини, її складових елементів, робочих органів, тощо. Виходячи з цього, дана проблема є актуальною і важливою задачею, рішення якої може слугувати напрямком створення нового класу вібраційних машин технологічного призначення.

Дослідженню руху динамічних систем присвячено багато робіт, що являють собою аналіз і синтез механічних віброударних систем. Як правило, динамічні системи розглядають в лінійній постановці задачі, що не відображає реальних процесів, які відбуваються в системі “машина – оброблюване середовище”. В цих роботах визначаються параметри руху подібних систем, виходячи із тих чи інших припущень. Найбільш загальними є припущення щодо моделі системи „вібромашина – оброблюване середовище”, яка представляється дискретною. Лише в останніх роботах висвітлені спроби урахуванням розподілу параметрів і характеристик конструкції машин на при дослідженні робочих. В роботі [2] зроблено уточнення моделі, де запропоновано методику переходу від дискретно-континуальних систем (дискретна – машина, континуальна –

середовищі) до суто дискретних з урахуванням хвильових явищ у оброблюваному середовищі, що дає можливість отримати поведінку середовища при обробці і узагальнені явища, які відбуваються в системі, при цьому конструкція машини розглядається дискретними параметрами і модель не враховує розподілу параметрів робочого процесу в конструктивних елементах машини. Дослідження [3] виконані з урахуванням напружено-деформованого стану металокопункції машини технологічного призначення, але в постановці задачі в межах поля статичного навантаження, при якому відсутні динамічні впливи та перехідні процеси. За даними досліджень [4], стан напруженості конструкції при аналізі досить складний і потребує багатьох ресурсів для складних обчислювальних моделей автори рекомендують використовувати моделювання скінченних елементів. Об'єктом дослідження роботи [5] є вібраційна установка, яка являє собою рамну конструкцію. В роботі наведені теоретичні розрахунки та комп'ютерне моделювання, метою яких було визначення простих та більш складних форм коливань. Вибір полягав у можливості реалізації режимів роботи з більш високими рівнями передачі енергії до оброблюваного середовища.

Дана робота присвячена дослідженню параметрів і режимів роботи віброустановки з просторовим характером руху, метою якої є моделювання руху конструкції віброустановки при полічастотному навантаженні.

Для дослідження полічастотних режимів формування залізобетонних виробів запропонована схема майданчика (рис. 1). Ідея поліфазного впливу реалізується в наступному. Чотири віброблоки 1, дебаланси 2 яких розташовані уздовж осі Y, розвертаються щодо осі X з певними кутами ... $\phi_4 \phi_1$. Для даної схеми прийнято: $\phi_1 = 0$; $\phi_2 = 60^\circ$; $\phi_3 = 120^\circ$; $\phi_4 = 180^\circ$. Отже, за один оберт валу форма з бетонною сумішшю буде сприймати чотири впливи. Щоб збільшити ефект дії між блоками і формою, встановлюються пружні елементи 3 (гумові прокладки). Вся конструкція вібромайданчика спирається на віброізолюючі пружні елементи 4. Таким чином, без використання спеціальних пристроїв (додаткових валів, редукторів і рухових пристроїв) реалізується полічастотний режим, при цьому крім хвиль, які створюються по осі X, виникає і позовдвжне хвиля по осі Y.

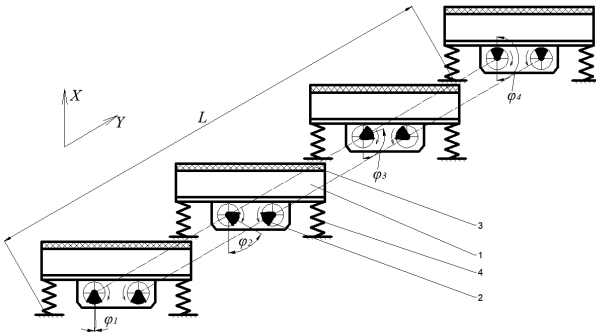


Рис. 1. Розрахункова схема вібромайданчика з поліфазним рухом.

Аналітичний опис динаміки такої системи приймаємо у вигляді:

$$m \cdot \ddot{y} + c(1 + f(x, t))y = F(x, t) \quad (1)$$

де m – приведена (ефективна) маса;
 c – пружність гумових прокладок;

$f(x, t)$ – функція, яка визначає умови контакту форми з прокладкою;

$F(x, t)$ – змушуюча сила.

Для дослідження блокових конструкцій вібромайданчиків реалізована ідея поліфазного впливу, суть якої полягає в прикладанні на кожний віброблок змушуючу силу, яка відповідно повертається по відношенню до попереднього блока на кут ϕ . Для даної моделі (рис. 5, а) прийнято: $\phi_1 = 0^\circ$; $\phi_2 = 60^\circ$; $\phi_3 = 120^\circ$; $\phi_4 = 180^\circ$. для перевірки створеної 3D моделі та аналізу при дії статичних навантажень (власної ваги та ваги середовища) виконаний статичний аналіз конструкції, розподіл переміщень конструкції наведений на рис. 5, б.

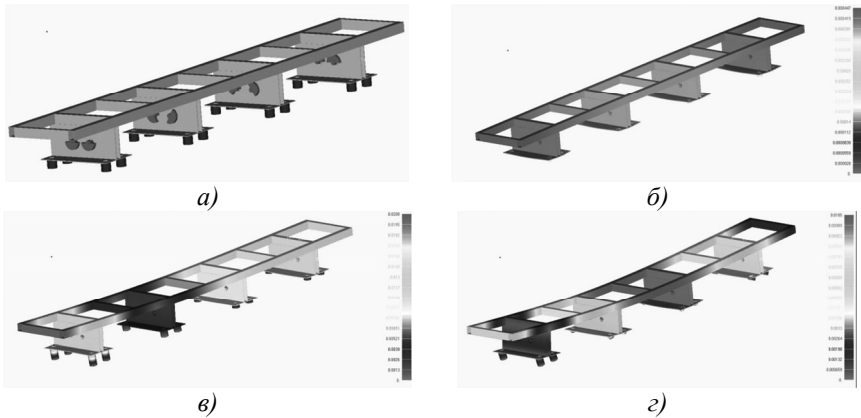


Рис. 2. Розрахункова 3D модель вібраційної установки з поліфазним збудженням: а – розрахункова модель; б – деформований стан при статичному навантаженні; в, г – деформований стан при динамічному навантаженні

За результатами динамічного аналізу (Transient Analysis), при реалізації частоти коливань 25 Гц отримані переміщення конструкції в часі (рис. 2, в, г). як видно з діаграм розподілу деформацій конструкція здійснює вертикальні коливання за хвилеподібною траєкторією. При цьому на оброблюване середовище буде діяти навантаження не лише з частотою збудження коливань, але й з гармоніками суб і супер резонансів, що значно підвищить ефективність ущільнення.

В результаті досліджень обґрунтована розрахункова схема віброустановки із полічастотним режимом коливань. Створена скінченно-елементна модель шляхом апроксимації всіх несучих елементів рами пластинчастими елементами.

Визначені основні форми та частоти коливань. Реалізована одна із форм коливань при основній частоті збудження 25Гц. На основі проведення таких досліджень можна оцінити характер і величину зміни напружено-деформованого стану елементів та металоконструкцій вцілому, що дасть можливість визначити якість виготовлення конструкції і відповідність її проектним даним (виконання зварних швів, болтових з'єднань, цілісності конструкції).

Study of a vibratory structure with a polyfrequency nature of movement

Dedov O.

***Abstract.** The object of research is the movement process of forming structures of a vibration unit with spatial oscillations. The main disadvantage of such vibration systems is the lack of data on the mutual influence of machines and media. The implementation of the idea consists in the development of such computational models that take into account the mutual influence of the machine and the environment on the overall movement of the machine – environment system. Due to this, the forms of natural oscillations of the system with large amplitudes of oscillation and correspondingly lower frequency are realized. Dynamic analysis determines the oscillation amplitude of the structure in different regions (sections) and estimates the change in the amplitude-frequency spectrum of the vibration action. Compared with similar known designs of vibration units, this can significantly reduce the energy intensity of the causes of the vibration machine.*

***Keywords.** dynamic loads, frequency and form of oscillation, spatial vibrations, vibrator, vibration machine.*

Исследование вибрационной конструкции с поличастотным характером движения

Дедов О.П.

***Аннотация.** Объектом исследования является процесс движения конструкции вибрационной машины с пространственными колебаниями. Основным недостатком таких вибрационных систем является отсутствие данных о взаимном влиянии машин и носителей. Реализация идеи заключается в разработке таких вычислительных моделей, которые учитывают взаимное влияние машины и окружающей среды на общее движение машина - среда. В связи с этим возникают формы собственных колебаний системы, которые реализуются с большими амплитудами колебаний и соответственно более низкими частотами. Динамический анализ определяет амплитуду колебаний конструкции в разных областях (сечениях) и оценивает изменение амплитудно-частотного спектра вибрационного воздействия. По сравнению с аналогичными известными конструкциями вибрационных машин это может значительно снизить энергоёмкость процесса вибрационной машины.*

***Ключевые слова.** динамическая нагрузка; частота и форма колебаний; пространственные колебания, вибратор, вибрационная машина.*

Список літератури

1. Research and the creation of energy-efficient vibration machines based on the stress-strain state of metal and technological environments [Text] / I.I. Nazarenko, A.T. Sviderski, Ruchinski N.N., Dedov O.P. //The VIII International Conference HEAVY MACHINERY HM 2014, Kraljevo, Serbia. – A – p. 85 – 89, 2014.
2. Nesterenko M.P. Study of vibrations of plate of oscillation cassette setting as active working organ [Text] / M.P. Nesterenko, P.O. Molchanov // Conference reports materials «Problems of energy and nature use 2013» (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, University of Tuzla, China University of Petroleum). – Budapest, 2014. – P. 146 – 151.
3. Нестеренко М. П. прогресивний розвиток вібраційних установок з просторовими коливаннями для формування залізобетонних виробів [Text] / М.П. Нестеренко// Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – Вип. 44. – С. 177 – 181.
4. Nazarenko I.I. Research of stress-strain state of metal constructions for static and dynamic loads machinery [Text] / I.I. Nazarenko , O.P. Dedov, I.I. Zalisko //The IX International Conference HEAVY MACHINERY HM 2017, Zlatibor, Serbia. – p. 13–14, 2017.
5. Ivan Nazarenko, Viktor Gaidaichuk, Oleg Dedov, Oleksandr Diachenko. Determination of stresses and strains in the shaping structure under spatial load // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Vol 6, No 7 (96) 2018. P. 13–18.