



УДК 666.97

В.Б. Яковенко¹, д.т.н., проф.,Д.Л. Дисик¹, студент¹Київський національний університет будівництва і архітектури**МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН І ПРОЦЕСІВ**

АНОТАЦІЯ. Висвітлено досягнення, накопичені в області моделювання вібраторів різних типів, які застосовуються у будівництві, для сприяння розширення спектру їх застосування. Поведені відомості про вібраційну техніку і технології. Встановлено, що застосування енергетичних концепцій в оцінці роботи і технологічній ефективності вібраційної техніки дає ефективні імпедансні характеристики опорів та забезпечує реалізацію вібраційного способу передачі енергії, яка найбільш відповідає даному вібраційному процесу і конкретним виробничим умовам

Ключові слова: вібратори, вібраційний процес, оброблювальне середовище, операторна форма, імпедансні характеристики.

АННОТАЦИЯ. Освещены достижения, накопленные в области моделирования вибраторов различных типов, применяемых в строительстве, для содействия расширения спектра их применения. Приведены сведения о вибрационной технике и технологии. Установлено, что применение энергетических концепций в оценке работы и технологической эффективности вибрационной техники дает эффективные импедансные характеристики сопротивлений и обеспечивает реализацию вибрационного способа передачи энергии, наиболее соответствует данному вибрационному процессу и конкретным производственным условиям

Ключевые слова: вибраторы, вибрационный процесс, обрабатываемое среду, операторная форма, импедансные характеристики.

ABSTRACT. Deals with the achievements gained in modeling different types of vibrators, which are used in construction, to facilitate the expansion of their use. Information on vibration technology. It is established that the use of energy concepts in the evaluation of technological efficiency and vibration technology makes effective impedance characteristics of resistance and ensures the implementation of vibration energy transfer method that best suits this vibration process and specific production conditions

Keywords: vibrators, vibratory process manufacturing environment, the operator form impedance characteristics.

Огляд і постановка задачі. Важливою тенденцією розвитку сучасного машинобудування є створення машинних систем, що реалізують не просто переміщення тіл, деформацію і руйнування матеріалів, а забезпечують збудження та управління протіканням більш детальних процесів в оброблювальних середовищах, зв'язаних зі зміною реологічних властивостей цих середовищ відносним рухом частиц, концентрацією та орієнтацією їх окремих компонентів.

Загальною особливістю проявлення таких процесів в різних середовищах є можливість безперервної передачі енергії в систему вібраційним способом навколо положень внутрішньої рівноваги середовищ. На такому принципі передачі енергії основана вібраційна технологія, що охоплює переміщення, транспорт і орієнтацію компонентів матеріалів, цільову обробку різноманітних дисперсних систем, стимуляцію відносного руху і концентрацію компонентів, різання та руйнування матеріалів.

Енергозберігаючі переваги вібраційної технології можуть проявитись в повній мірі тільки при умові створення таких вібраційних впливів, котрі забезпечують збудження і оптимальне протікання конкретного вібраційного процесу. Звідси, з одного боку, виникають задачі створення керованих вібраційних машин із достатнім діапазоном регулювання параметрів, а з іншого боку, детальшого вивчення різних вібраційних процесів

з ціллю виявлення тих спектральних параметрів вібраційного впливу, котрі мають визначальне значення в вібраційному процесі.

Розгляд предметної галузі. Першим етапом рішення таких задач є потреба в систематизації накопиченого досвіду і концентрації відомостей про раціональні способи використання вібраторів в різних галузях. В цьому плані будівництво та будівельна промисловість є галуззю, де зосереджена ціла низка прикладів практичного використання вібраційних процесів на різних стадіях робіт. Успішне застосування вібраційних технологій базується на використанні надійного вібраційного обладнання з регульованими параметрами, освоєнні елементів теорії розрахунків, проектування, контролю та експлуатації різних вібраційних систем.

Вібраційні технології ґрунтуються на створенні в різних середовищах хвильових полів з метою цільової зміни реологічних властивостей цих середовищ. В хвильових колах середовища в цілому або лише їх компоненти здійснюють різні рухи. Розрізняють наступні вібраційні процеси: вібропереміщення, вібраційний вплив на дисперсні системи, який стимулює відносний рух і концентрацію компонентів, вібраційне різання та руйнування матеріалів.

В процесі вібраційного переміщення зміщується положення безлічі матеріальних частинок, твердих тіл, сипучих середовищ під дією вібрації. Транспортування здійснюється шляхом переміщення по горизонтальним похилим поверхням в вертикальному напрямку. Таким методом користуються при вібраційному сортуванні, завантаженні та розвантаженні.

Хвильові поля в дисперсних багатофазних системах стимулюють процеси перемішування, розділення, ущільнення різноманітних сумішей, центр об'ївної обробки, пресування, очистки, знесходнення, термічної обробки, хімічні реакції.

При дії вібрації прискорюються процеси абразивної обробки, різання та руйнування різноманітних матеріалів, ґрунтів, подрібнення гірських порід.

Загальна характеристика вібраційних процесів полягає в проявленні двох ефектів: змінюються параметри відносного руху окремих компонентів середовищ та окремих частинок чи їх груп, змінюються деформації різних систем та середовищ.

Оскільки індивідуальність вібраційних процесів визначається типом оброблювальних середовищ, то по цій ознаці їх зручно розділити на три групи (рис.1). До першої відносять процеси, які виникають при дії вібрації на окремі слабо зв'язані між собою частинки з подібними властивостями. До другої групи входять вібраційні процеси, що виникають у системах взаємозв'язаних частинок з однаковими та різними властивостями. Третя група включає в себе вібраційні процеси, пов'язані із впливом хвильових полів на суцільні, композитні середовища і тіла з різними пружнов'язкопластичними властивостями.

Фізичний зміст вібраційних процесів при збудженні не зв'язаних між собою частинок і тіл зумовлений тим, що під дією вібрації коефіцієнт тертя між частинками та віброуючою поверхнею змінюється, залежно від параметрів вібраційного впливу. При цьому стійкість положень рівноваги частинок порушується, оскільки під дією гравітаційних сил вони приводяться у рух. При інтенсивних вібраціях виникають деформації та відрив частинок від віброуючої поверхні.

При вібраційному впливі на системи зв'язаних одна з одною частинок фізичні ефекти зменшуються відносно тертя між частинками і накопичення деформацій переноситься із зони безпосереднього контакту з вібраційною поверхнею вглиб шарів. Спектральний склад вібраційних впливів повинен враховувати різницю відгуку на зниження коефіцієнта тертя між різними компонентами. Порушення стійкості положень рівноваги приводить до відносного руху різних компонентів середовищ під дією поля гравітаційних сил. Зв'язки між частинками порушуються, зменшується опір зрушенню. Система частинок набуває рухливості, котра виражається у зміні об'єму, форми та більш цільному розташуванні компонентів. При збільшенні вібрації контакти між частинками періодично порушуються в окремих областях. Енергія вібраційного поля нерівномірно розподілена по об'єму, виникає

стан віброкипіння, який супроводжується розшаруванням частинок та інтенсивним перемішуванням.



Рис. 1. Поділ вібраційних процесів на групи за типом оброблювального середовища

Глибина переносу вібраційного впливу, протяжність вібраційного впливу зв'язана з розповсюдженням хвиль деформації. Якщо механічні властивості частинок середовища різні, то у вібраційному полі відбувається розділення по щільності. В обмежених об'ємах виникають вібраційні поля бігучих та стоячих хвиль. Частинки різної щільності набувають різних швидкостей у бігучих хвилях, а у полі стоячих хвиль вишикають зони концентрації частинок різної щільності.

Вібраційний вплив на суцільні середовища ґрунтується на тому, що під дією вібрації зменшується відносна тертя між робочим органом та середовищем, збудження вібраційних полів сприяє зниженню стійкості структури матеріалу, концентрації напруженості, появі тріщин. У вібраційних полях виникають пластичні деформації, ефекти віброповзучості, віборелаксації, вібраційного нагрівання.

Вібраційні процеси охоплюють практично всі види робіт у будівництві та при усій своїй різноманітності мають спільні властивості. Тут вхідні вібраційні впливи перетворюються у вихідний рух, який виражається у русі компонентів або деформації вібраційних середовищ.

В зв'язку з цим будь-який вібраційний процес можна описати в операторній формі (рис. 2):

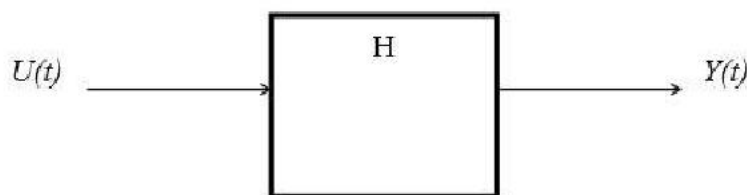


Рис. 2. Операторне уявлення про відображення вібраційного процесу, як перетворювача руху

$$U(t) = HY(t), \quad (1)$$

де $U(t)$ – вхідний вібраційний вплив; $Y(t)$ – вихідний вібраційний процес; H - передаточна функція.

Для вібраційних процесів характерна різниця у часі між швидкозмінними вхідними впливами та суттєво повільнішими змінами вихідного руху.

Суттєва відмінність темпів зміни вхідних і вихідних параметрів зумовлює можливість окремого розгляду вібраційної системи в характерних масштабах часу вхідних і вихідних

рухів. Конкретна структура передаточної функції для різних видів вібраційних процесів відрізняється і визначається, зазвичай, експериментальним шляхом.

Реалізація вібраційних процесів здійснюється за допомогою вібраційних машин та пристроїв. Вібраційні машини виконують цілеспрямоване перетворення характеристик, властивостей, передачі, розподілення та поглинання енергії. Сукупність вібраційної машини, вібраційного середовища та вібраційного процесу представляє собою вібраційну систему, яка забезпечує специфічний вібраційний спосіб корисного використання енергії.

Більшість вібраційних машин зручно поділити на класи, якщо в якості визначальної ознаки прийняти тип вібраційного процесу.

До вібраційних машин, призначених для транспортування, сортування, розподілення, обробки матеріалів відносять різні типи конвеєрів, підйомників, грохотів, насосів, сепараторів. У цьому випадку вібраційні процеси проходять у середовищах із слабо зв'язаних частинок із подібними властивостями.

Вібраційні машини, які призначені для різних видів формування та ущільнення сумішей, виготовлення форм для лиття, пресування, центр обіжної обробки, перемішування та підготовки дисперсних середовищ, абразивної обробки поверхні виробів включають різні типи віброшлядків, глибинишких вібраторів, центрифуг, змішувачів, віброкамер. Тут вібраційні процеси реалізуються на безлічі взаємозв'язаних частинок із подібними чи різними властивостями.

Вібраційні машини, призначені для розпушування, руйнування, трамбування матеріалів, різання та розробки ґрунтів включають палебійне устаткування, вібраційні трамбувальники і катки, вібраційні дробарки, млини, робочі органи розпушників, трубоукладачів, машин для спеціальних та підводних робіт. Процеси реалізуються у багатьох анізотропних середовищах, де вишикають пружно-пластичні деформації та тріщинно утворення.

Хоча вібраційні машини різняться за своїм влаштуванням та призначенням, вони усі мають багато типових елементів. Більшість цих елементів визначає особливості структури вібраційної системи і включає: джерело живлення, привод (електричного, гідравлічного та пневматичного типу), віброзбуджувач (відцентровий, імпульсний, електромагнітний, кривошипно-шагунний, електродинамічний, електромагнітний та ін.), робочий орган, віброуюче середовище і вібраційний процес.

Ефективність протікання вібраційних процесів залежить від рівня спектрального складу вібрації робочого органу вібромашини та характеру вібраційного поля, що накладається на оброблювальне середовище. Для збудження вібраційних процесів використовують вібрації різних видів: гармонічні, негармонічні, ударні, імпульсні, тощо. Для створення вібрацій різних видів і форм застосовують віброзбуджувачі.

Віброзбуджувачі з енергетичних позицій є електромеханічними перетворювачами вхідної електричної енергії у вихідну механічну енергію збуджуючої вібрації.

Відомо три основних способи збудження вібрацій: силовий, кінематичний і параметричний. Силове збудження вібрацій виникає при дії на вибрану систему зовнішніх сил чи моментів, кінематичне – при дії зовнішніх переміщень, швидкостей чи прискорень, а при параметричному збудженні періодично змінюються параметри системи.

Спираючись на уявленні віброзбуджувача, як електромеханічного перетворювача, його можна моделювати у вигляді об'єкта з вхідною електричною та вихідною механічною стороною. Так як вхідний потік енергії залежить від двох параметрів напруги U та струму I , а вихідний від сили F та швидкості V , то віброзбуджувач можна представити у вигляді чотирьохполосного перетворювача (рис. 3) енергії. Опір, який перешкоджає перетворенню енергії на вході, характеризується відношенням U/I , а на виході - F/V . Ці опори називають комплексними або імпедансними. Дію віброперетворювача можна описати системою двох лінійних рівнянь у матричній формі:

$$\begin{bmatrix} F \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ I \end{bmatrix} \quad (2)$$

Тут $\begin{bmatrix} F \\ V \end{bmatrix}$ – вихідні, а $\begin{bmatrix} U \\ I \end{bmatrix}$ – вхідні параметри вібробудувача представлені у вигляді матриць-стовбчиків. Z_{ij} – елементи квадратної матриці імпедансних характеристик вібробудувача, які описують перетворення енергії і визначаються експериментально у дослідах холостого ходу та миттєвої зупинки приводу.

У вібраційній технології широко застосовуються відцентрові, кінематичні, електромагнітні, пневматичні, автоколивальні і гідравлічні вібратори. На будівельному виробництві найбільш широко розповсюджені відцентрові вібробудувачі завдяки своїй простій конструкції. Їх робота базується на створенні примусового обертання нерівноваженої маси. Вони поділяються на дві балансні та планетарні.

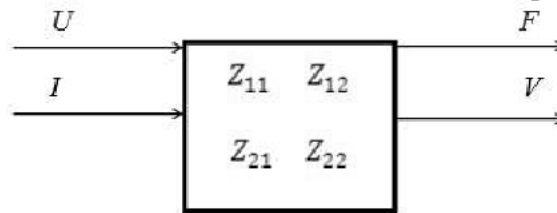


Рис. 3. Структура вібраційної системи, яка здійснює відповідне технологічним вимогам перетворення енергії

По конструктивному наповненню та формі використання їх прийнято поділяти на прикріпні та глибинні. Вони оснащуються електричним, пневматичним та гідравлічним приводом. Прикріпні вібробудувачі створюють необхідні вібраційні поля, будучи жорстко закріпленими на різних ділянках робочого органу вібромашини. А глибинні створюють віброполя в шарах, масивах чи обмежених об'ємах оброблювального середовища, за рахунок безпосереднього зашурення, будучи поміщеними в жорсткий герметичний робочий орган, котрий здійснює просторові вібрації.

Висновки.

1. Технологічна ефективність вібраторів залежить не тільки від їх конструктивних особливостей, а і від систематизації набутих про них знань та навичок застосування цих приладів у різних практичних ситуаціях. Це зумовлює необхідність у вдосконаленні методів моделювання роботи вібраторів, що відображає широкий спектр виробничих потреб, починаючи від підбору частоти та регулювання змушуючої сили до підбору типу вібробудувача і діаметру робочого органу.
2. Застосування енергетичних концепцій в оцінці роботи і технологічній ефективності вібраційної техніки у будівництві дозволяє давати ефективні імпедансні характеристики опорів, забезпечує таку реалізацію вібраційного способу передачі енергії, яка найбільш відповідає даному вібраційному процесу і конкретним виробничим умовам.

Література

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. – К.: Слово, 2010. – 407 с.
2. Яковенко В.Б. Моделирование и расчет вибрационных систем. Учеб. пособие/ В.Б. Яковенко. – К.: УМК ВО, 1988. - 232 с.
3. Чубук Ю.Ф., Назаренко И.И., Гарнец В.Н. Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей: учеб. пособие.- К: Вища школа, 1985. - 167 с.
4. Блехман И.И. Вибрационная механика. - М.: Физматлит, 1994. - 400 с.