

УДК 62-521:62-868:62-531.7

**СТАБІЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОГО ВПЛИВУ
ЗА КРИТЕРІЄМ В'ЯЗКОСТІ ВІБРОКИПЛЯЧОГО ШАРУ****Р. В. Чубик, Н. М. Зрайло**

Дрогобицький державний педагогічний університет

вул. Стрийська, 3, м. Дрогобич, 82100, Україна. E-mail: R_Chubyk@yahoo.com

Проведено аналіз факторів, що впливають на зниження коефіцієнту внутрішнього тертя в сипучих матеріалах. Встановлено оптимальні умови для віброперемішування та вібропереміщення сипучого матеріалу в технологічних процесах, при яких сипучі матеріали набувають плинності, що характерна для в'язкої рідини, і можуть бути охарактеризовані звичайними реологічними константами. Показано, що при прискоренні зовнішнього вібраційного впливу на робочий орган адаптивної вібромашини, більшому за прискорення вільного падіння, відбувається перехід вібросистеми із стану вібророзрідження у стан віброкипіння і даний процес характеризується зміною коефіцієнта ефективної динамічної в'язкості μ на декілька порядків. Для забезпечення інтенсифікації тепломасообмінних процесів у сипучих середовищах із різними фізико-хімічними властивостями шляхом забезпечення сталого віброперемішування (віброкипіння) доцільно забезпечувати мінімальне (або задане технологічно оптимальне) значення коефіцієнта ефективної динамічної в'язкості μ сипучого середовища. У дослідженні показано, що існуючі методи стабілізації динамічних параметрів вібраційного поля віброкиплячого середовища, в яких у випадку зміни завантаження робочого органу або за необхідністю зміни режиму роботи адаптивної вібраційної технологічної машини система керування коригує частоту та амплітуду вимушуваних коливань віброприводу робочого органу, нездатні забезпечити стабілізацію в часі на технологічно оптимальному рівні величину коефіцієнта ефективної динамічної в'язкості μ сипучого середовища. Виходячи з особливостей поведінки сипучого середовища при переході зі стану вібророзрідження у стан віброкипіння, запропоновано метод керування динамічними параметрами пустотілого робочого органу адаптивних вібраційних технологічних машин, що дозволяє забезпечити мінімальні енергозатрати на вібропривод (резонансний режим роботи) та стабілізувати в часі в'язкість μ віброкиплячого середовища в їх робочому органі на заданому технологічно оптимальному рівні. Даний метод керування динамічними параметрами робочого органу дозволяє оптимізувати роботу електромеханічної коливної системи вібромашини за технологічним параметром (μ), постійно адаптуючи динамічні параметри віброприводу до енергозберігаючого резонансного режиму роботи вібромашини.

Ключові слова: керований вібропривод, вібромашина, адаптивна вібромашина, віброкиплячий шар.

**СТАБИЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПО КРИТЕРИЮ ВЯЗКОСТИ ВИБРОКИПЯЩЕГО СЛОЯ****Р. В. Чубик, Н. М. Зрайло**

Дрогобычский государственный педагогический университет

ул. Стрийская, 3, г. Дрогобыч, 82100, Украина. E-mail: R_Chubyk@yahoo.com

Проведен анализ факторов, влияющих на снижение коэффициента внутреннего трения в сыпучих материалах. Установлены оптимальные условия для вибрационного перемешивания и виброперемещения сыпучего материала в технологических процессах, при которых сыпучие материалы приобретают текучесть, характерную для вязких гидкостей, и могут быть охарактеризованы обычными реологическими константами. Показано, что при ускорении внешнего вибрационного воздействия на рабочий орган адаптивной вибромашины, большем ускорения свободного падения, происходит переход вибросистемы из состояния вибрационного разрежения в состояние вибрационного кипения и данный процесс характеризуется изменением коэффициента эффективной динамической вязкости μ на несколько порядков. Для обеспечения интенсификации теплообменных процессов в сыпучих средах с различными физико-химическими свойствами путем обеспечения устойчивого вибрационного перемешивания (вибрационного кипения) целесообразно обеспечивать минимальное (или заданное технологически оптимальное) значение коэффициента эффективной динамической вязкости μ сыпучей среды. В исследовании показано, что существующие методы стабилизации динамических параметров вибрационного поля вибрационно кипящей среды, в которых в случае изменения загрузки рабочего органа или при необходимости изменения режима работы адаптивной вибрационной технологической машины система управления корректирует частоту и амплитуду вынуждающих колебаний, виброприводы рабочего органа способны обеспечить стабилизацию во времени на технологически оптимальном уровне величину коэффициента эффективной динамической вязкости μ сыпучей среды. Исходя из особенностей поведения сыпучей среды при переходе из состояния вибрационного разрежения в состояние вибрационного кипения, предложен метод управления динамическими параметрами пустотелого рабочего органа адаптивных вибрационных технологических машин, что позволяет обеспечить минимальные энергозатраты на виброприводы (резонансный режим работы) и стабилизировать во времени вязкость вибрационно кипящей среды в их рабочем органе на заданном технологически оптимальном уровне. Данный метод управления динамическими параметрами рабочего органа позволяет опти-

мизировать работу электромеханической колеблющейся системы вибромашины по технологическому параметру (μ), постоянно адаптируя динамические параметры вибропривода к энергосберегающему резонансному режиму работы вибромашины.

Ключевые слова: управляемый вибропривод, вибромашина, адаптивная вибромашина, виброкипящий слой.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. У роботах [1, 2] показано, що вібраційний вплив на сипучі матеріали знижує сили взаємодії між їх частинками, а підвищення енергії вібраційного впливу знижує коефіцієнт внутрішнього тертя у сипучому матеріалі (для піску на 25–30 %). Отримані експериментальні дані показують, що ефективний коефіцієнт тертя піску по сталі у віброкипячому середовищі знижується у 40 разів і найбільше зниження ефективного коефіцієнта тертя відбувається при переході зі стану віборозрідження до стану віброкипіння, тобто при віборозрідженні, більшому за g . Ще 1969 року Урьєвим Н.Б., Михайловим Н.В. та Рибендером П.А. експериментально було показано, що плинність тонкодисперсних порошоків за деякими параметрами вібраційного впливу описується законами, характерними для ньютонівських рідин. Застосування поняття в'язкості до сипучих матеріалів є умовним. При вібраційному впливі сипучі матеріали набувають плинності, що є характерною для в'язкої рідини, і можуть бути охарактеризовані звичайними реологічними константами. Саме реологічні характеристики дозволяють більш широко та кількісно охарактеризувати віброкипячий стан сипучого матеріалу, встановити оптимальні умови для віброперемішування, вібропереміщення сипучого матеріалу та з'ясувати вплив різних факторів на структуру віборозрідженого та віброкипячого шару.

У роботі [3] показано, що коефіцієнт ефективної динамічної в'язкості μ , тобто дійсний коефіцієнт внутрішнього тертя в шарі сипучого матеріалу, для віборозрідженого та віброкипячого середовища описується різними аналітичними залежностями, що обумовлюється різними фізичними процесами, які протікають у віборозрідженому та віброкипячому середовищі. На рис. 1 зображено експериментально встановлений зв'язок [3] між коефіцієнтом динамічної в'язкості μ шару сухого кварцового піску (із зерновим складом 0,25–0,35 мм) та різними параметрами вібраційного впливу (частоти коливань $f = 25 - 50$ Гц та амплітуди коливань $a = 25 - 50$ мм), що виражались через коефіцієнт вібраційного перевантаження $(a\omega^2)/g$ показує, наскільки прискорення зовнішнього вібраційного впливу $a\omega^2$ є більшим за прискорення вільного падіння g . З отриманих результатів видно, що при збільшенні коефіцієнту перевантаження до g внутрішнє тертя в системі помітно знижується. Перехід віборозрідженого стану до стану віброкипіння (зона А) у стан віброкипіння (зона В) відбувається при коефіцієнті вібра-

ційного перевантаження, що дорівнює g та характеризується зміною коефіцієнта ефективної динамічної в'язкості μ на два порядки. Віброкипячий шар кварцового піску досягає найменшого коефіцієнта ефективної динамічної в'язкості μ при коефіцієнті перевантаження вібраційного поля $4g$. З проведених досліджень видно, що зміна параметрів вібраційного впливу (a, f) на робочий орган адаптивних вібраційних технологічних машини [4] зумовлює зміну коефіцієнта ефективної динамічної в'язкості μ , а це безпосередньо впливає на якість, швидкість, продуктивність та інтенсивність протікаючих у ній вібраційних технологічних процесів.

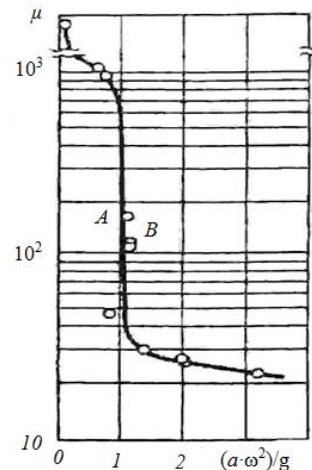


Рисунок 1 – Зв'язок між коефіцієнтом ефективної в'язкості та коефіцієнтом перевантаження вібраційного впливу

Відомий [5] метод стабілізації динамічних параметрів вібраційного поля віброкипячого середовища в пустотілому робочому органі, де в процесі роботи адаптивної вібраційної технологічної машини (АВТМ) система керування контролює два параметри – частоту та амплітуду коливань робочого органу, а у випадку зміни завантаження робочого органу або при необхідності зміни режиму роботи машини система керування коригує частоту та амплітуду вимушуючих коливань приводу робочого органу до частоти, яка близька до резонансної частоти пружної системи вібромашини при заданому завантаженні робочого органу, й амплітуду коливань на резонансній частоті так, щоб вона відповідала оптимальному режиму технологічного процесу. Основним недоліком такого методу стабілізації технологічних параметрів вібраційного поля адаптивної вібраційної технологічної машини є те, що один і той же рівень

амплітуди коливань робочого органу АВТМ на різних частотах призведе до різної інтенсивності технологічного процесу. Це зумовлюється тим, що якщо, наприклад, вібромашина працювала при резонансній частоті 50 Гц з амплітудою у 3 мм і при зміні маси завантаження робочого органу резонансна частота зростає до 52 Гц при тій же амплітуді й призведе до зміни інтенсивності технологічного процесу адаптивної вібраційної технологічної машини. Це пояснюється тим, що у першому випадку за 1 с АВТМ робила 50 повних коливань, де за кожне коливання виконувалась певна корисна робота, а в другому – АВТМ уже робитиме 52 повних коливання за тією самою амплітудою коливань робочого органу, тому у другому випадку буде більша інтенсивність віброобробки, що для певних технологічних процесів є неприпустимим.

Більш досконалим, з точки зору забезпечення рівноцінності параметрів вібраційного впливу віброкиплячого середовища при реалізації вібраційних технологічних процесів, є метод [6], де система керування віброприводом, відслідковуючи власну частоту коливань механічної коливної системи ω_d , підтримує режим роботи адаптивної вібраційної технологічної машини близьким до резонансного. Згідно з винаходом, у процесі роботи адаптивної вібраційної технологічної машини система керування контролює два параметри – частоту ω_d та амплітуду A_d коливань робочого органу. У випадку зміни маси завантаження робочого органу або при необхідності зміни режиму роботи АВТМ система керування коригує частоту вимушуваних коливань віброприводу робочого органу до частоти ω_d , яка є близькою до резонансної частоти пружної коливної системи вібромашини при заданому завантаженні робочого органу, й коригує амплітуду коливань робочого органу A_d на резонансній частоті так, щоб виконувалась умова $A_d = \omega_z^2 A_z^2 / \omega_d^2$, де ω_z і A_z – задані технологічно оптимальні параметри вібраційного поля адаптивної вібраційної технологічної машини. Суттєвим недоліком такого методу стабілізації технологічних параметрів вібраційного поля адаптивної вібраційної технологічної машини є те, що застосування питомої роботи вібраційного поля є адекватним та експериментально доведеним критерієм у роботах [7–9] для якісної й кількісної оцінки лише технологічних процесів, що пов'язані з віброобразивною обробкою деталей.

Метою даної роботи є розробка методу керування динамічними параметрами пустотілого робочого органу адаптивних вібраційних технологічних машин для забезпечення мінімальних енергозатрат на вібропривод (резонансного режиму роботи) та стабілізації в часі величини динамічної в'язкості сипучого середовища в їх робочому органі на заданому технологічно оптимальному рівні.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. У віброкиплячому шарі елементарні частинки сировини (сипучого матеріалу), стосовно якої адаптивна вібраційна технологічна машина реалізовує довільний технологічний процес, знаходяться в постійно-

му русі, що підтримується безперервним підведенням енергії від віброуючої поверхні робочого органу вібромашини. Запропонований метод стабілізації в'язкості віброкиплячого шару в адаптивних вібраційних технологічних машинах базується на забезпеченні рівності (стабільності) в часі ефективної динамічної в'язкості μ віброкиплячого шару [6] (1) за будь-яким довільним та змінним у часі (протягом циклу технологічної віброобробки сировини) завантаженні робочого органу сировиною на робочій (власній резонансній) частоті адаптивної вібромашини:

$$\mu = \frac{8N}{S^2 A_d^4 \omega_d^5 \rho}, \quad (1)$$

де N – потужність, яка передається сипучому матеріалу, що знаходиться у робочому органі АВТМ; S – площа поверхні робочого органу, яка передає коливання сипучому матеріалу; ρ – середня густина сипучого матеріалу, що знаходиться в робочому органі АВТМ.

Принцип роботи запропонованого методу стабілізації в'язкості віброкиплячого шару в адаптивних вібраційних технологічних машинах проілюстровано (рис. 2) на прикладі адаптивної вібраційної технологічної машини 1, що призначена для нагріву, сушки та охолодження сипучих матеріалів. Адаптивна вібраційна технологічна машина 1 складається з вертикального прямокутного робочого органу 8, у середині якого в шаховому порядку встановлено та жорстко з ним з'єднано горизонтальні трубчасті нагрівачі 9. Ззовні робочого органу 8 нагрівачі 9 підключені до переточних коробів 10, через які в труби 9 подається гаряче повітря. На виході сипучого матеріалу з робочого органу 8 у труби 11 охолоджувача подають холодну воду. Вологу, що випаровується під час сушки сипучого матеріалу через жалюзі 12 та патрубки, які встановлені симетрично з двох сторін, виводять назовні з корпусу адаптивної вібраційної технологічної машини 1. На робочий орган адаптивної вібраційної технологічної машини 1 діє параметричне збурення 7 у вигляді зміни маси завантаження сипучим матеріалом. Адаптивна вібраційна технологічна машина 1 з'єднана з блоком порівняння 2 та блоком синтезу 5, який з'єднаний із блоком 6 введення технологічно оптимальних параметрів вібраційного поля. Сигнал із виходу блоку синтезу 5 поступає на блок порівняння 2, а з виходу блоку порівняння 2 надходить у регулятор амплітуди збурюючої циклічної сили 3 й з його виходу поступає на вібропривод 4, що приводить у рух адаптивну вібраційну технологічну машину 1.

Застосування даного методу стабілізації в'язкості віброкиплячого шару доцільне в адаптивних вібраційних технологічних машинах, що використовують введені в шар технологічного середовища труби чи пустотілі пластини для інтенсифікації тепломасообмінних процесів, зокрема у вібромашини для нагрівання та дозування в'язких речовин.

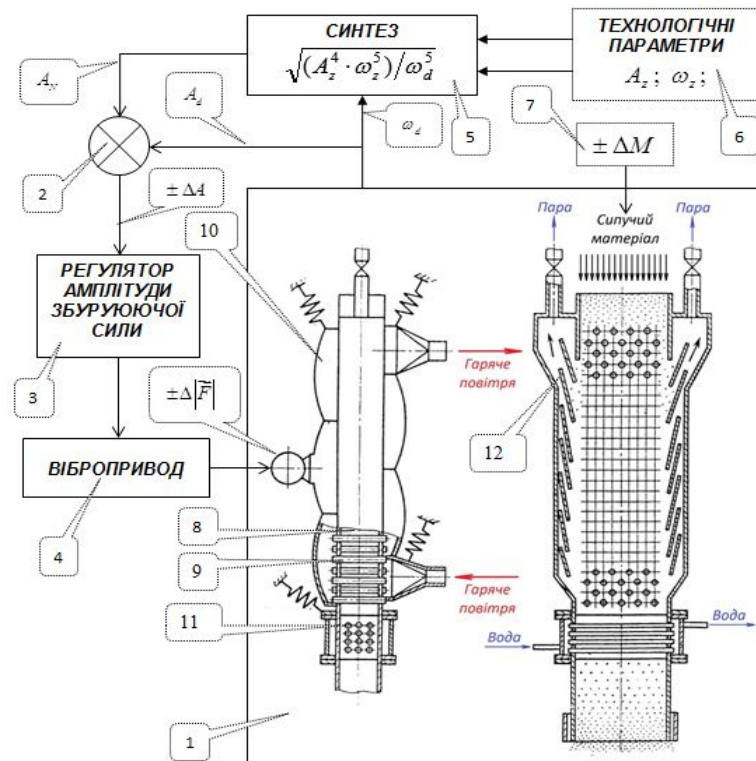


Рисунок 2 – Метод стабілізації в'язкості віброкиплячого шару в адаптивних вібраційних технологічних машинах

Суть методу стабілізації в'язкості віброкиплячого шару в адаптивних вібраційних технологічних машинах проілюстровано на прикладі роботи адаптивної вібромашини 1, що інтенсифікує процеси тепломасообміну сипучих матеріалів із поверхнею робочого органу. На адаптивну вібраційну технологічну машину 1 діє параметричне збурення 7, яке являє собою приєднану масу $\pm \Delta M$ сипучого матеріалу, зерна якого (елементи) можуть бути з'єднані механічно в грудки або склеєні в грудки за рахунок різних фізико-хімічних процесів. Сипучий матеріал в адаптивних вібраційних технологічних машинах такого типу рухається вниз під дією сили тяжіння, тому неоднорідність характеристик сипучого матеріалу обумовлена склеюванням та зчіплюванням сипучого матеріалу у грудки забезпечувала б нестабільний прохід сипучого матеріалу крізь нагрівачі 9 уздовж робочого органу 8. Нагрівачі 9 розміщені перпендикулярно до потоку сипучого матеріалу, що проходить крізь робочий орган 8, та здійснюють разом із робочим органом 8 коливання по еліптичній траєкторії завдяки циклічній вимушувачій силі віброприводу 4. У результаті цього навколо нагрівачів 9 безпосередньо в потоці сипучого матеріалу утворюється віброкипляче середовище, в якому руйнуються грудки та активізуються тепломасообмінні процеси (між поверхнею нагрівачів 9 та сипучим матеріалом), що є характерним для заданого технологічного процесу. Експериментальні дослідження, результати яких наведені в роботі [6], показують, що вібраційний вплив на робочий

орган дозволяє забезпечити рівномірне (стабільне) протікання сипучих матеріалів крізь робочий орган 8 зверху вниз під дією сили тяжіння, і це є результатом зменшення в'язкості шару сипучого матеріалу. Від в'язкості шару сипучого матеріалу залежить час перебування довільного елемента (зерна, частинки тощо) у камері робочого органу 8. Зміна в'язкості сипучого шару в хаотичному порядку буде причиною того, що довільний елемент (зерно, частинка й т.ін.) буде більше чи менше часу перебувати в камері робочого органу 8 і температурний градієнт нагрівачів 9 недовиконає або перевиконає свою роботу відносно неї. Тому хаотична зміна в'язкості сипучого матеріалу в робочому органі 8 буде призводити до відхилень при реалізації конкретно заданого технологічного процесу та змін у якості вихідної продукції. Із виразу (1) видно, що в'язкість μ безпосередньо залежить від динамічних параметрів робочого органу, тобто A_d дійсної амплітуди та ω_d дійсної (резонансної) частоти коливання робочого органу 8. Вібраційна технологічна машина 1 є адаптивною вібромашиною [10], тобто машиною, яка при зміні маси завантаження $\pm \Delta M$ робочого органу 8 сипучим матеріалом автоматично проводить корекцію частоти циклічної вимушувачої сили дебалансного віброприводу 4 з метою забезпечення та підтримання постійного резонансного режиму роботи як самого вигідного (та доцільного) з точки зору енергозбереження. Виходячи з вищенаведених фізичних особливостей процесів, що протікають у робочому органі адап-

тивної вібраційної технологічної машини 1, видно, як зміна фізико-хімічних характеристик сипучого матеріалу (μ) в камері робочого органу 8 та маса даного сипучого матеріалу в камері робочого органу 8 через динамічні параметри A_d , ω_d взаємно впливають один на одного.

Для стабілізації в'язкості μ шару сипучого матеріалу (ефективної динамічної в'язкості μ віброкиплячого шару [6]) пропонується за допомогою блоку 6 вводити задані технологічно оптимальні параметри вібраційного поля (ω_z – задана амплітуда коливань робочого органу 8; A_z – задана амплітуда коливань робочого органу 8). Інформація про задане оптимальне значення параметрів вібраційного поля робочого органу 8 поступає у блок синтезу 5, де визначається A_N необхідне значення амплітуди коливань робочого органу на його власній резонансній частоті коливань ω_d (значення якої постійно надходить у блок 5 від АВТМ 1), яке (A_N) дозволяє забезпечити заданий коефіцієнт в'язкості μ віброкиплячого шару при будь-якій ω_d робочій резонансній частоті коливань робочого органу 8. Обчислення значення A_N необхідної амплітуди коливань робочого органу 8 адаптивної вібраційної технологічної машини 1 проводиться з міркування забезпечення постійної рівності дійсного значення в'язкості $\mu_d = (8N)/(S^2 A_N^4 \omega_d^5 \rho)$ із заданим оператором АВТМ $\mu_z = (8N)/(S^2 A_z^4 \omega_z^5 \rho)$, тобто $(8N)/(S^2 A_z^4 \omega_z^5 \rho) = (8N)/(S^2 A_N^4 \omega_d^5 \rho)$, звідки $A_N = \sqrt{(A_z^4 \omega_z^5) / \omega_d^5}$. У блоці 2 проводиться автоматичне порівняння A_N необхідного значення амплітуди коливань робочого органу 8 із його A_d дійсною амплітудою коливань. Завдяки порівнянню A_N необхідного значення амплітуди коливань робочого органу 8 із його A_d дійсною амплітудою коливань на виході блоку 2 отримується величина $\pm \Delta A$. За її знаком можна судити, в яку сторону необхідно проводити корекцію, а по модулю (абсолютній величині) – наскільки A_d дійсна амплітуда коливань робочого органу 8 адаптивної вібраційної технологічної машини 1 відрізняється від амплітуди коливань (A_N), що здатна забезпечити задану в'язкість μ_z робочого середовища на довільній робочій резонансній частоті ω_d коливань органу 8 адаптивної вібраційної технологічної машини 1. За її напрямом (\pm) система керування зробить чіткий висновок, в яку сторону необхідно проводити корекцію A_d дійсної амплітуди коливань робочого органу 8 адаптивної вібраційної технологічної машини 1 для того, щоб забезпечити задану в'язкість μ_z робочого середовища на довільній робочій резонансній частоті ω_d . Тому на основі

сигналу від блоку 2 блок 3 (регулятор амплітуди збурюючої сили) постійно в часі (автоматично) проводить корекцію A_d дійсної амплітуди коливань робочого органу 8 адаптивної вібраційної технологічної машини 1 так, щоб завжди при довільній робочій резонансній частоті ω_d виконувалась умова $A_d = A_N$, тобто в'язкості μ віброкиплячого шару завжди відповідала заданій величині, що є оптимальною для певного (конкретного) технологічного процесу. Блок 3 безпосередньо впливає на вібропривод 4 адаптивної вібраційної технологічної машини 1, змінюючи амплітуду циклічної вимушуючої сили в певному напрямі на задане значення $\pm \Delta |F|$. У результаті зворотного зв'язку за ω_d та A_d даний метод стабілізації в'язкості віброкиплячого шару в адаптивних вібраційних технологічних машинах дозволяє на власній резонансній частоті постійно підтримувати задані технологічно оптимальні параметри вібраційного поля в процесі зміни маси завантаження $\pm \Delta M$ робочого органу адаптивних вібраційних технологічних машин.

Запропонований метод стабілізації в часі величини динамічної в'язкості сипучого середовища в комплексі з відомим [5] методом стабілізації динамічних параметрів вібраційного поля віброкиплячого середовища у пустотілому робочому органі вібраційних технологічних машин дозволить створювати автоматичні двоконтурні адаптивні системи керування. Основним у такій системі керування буде енергетичний контур, що завдяки методу керування [5] автоматично забезпечуватиме енергетично вигідний резонансний режим роботи пустотілого робочого органу вібраційної технологічної машини шляхом адаптації частоти циклічної вимушуючої сили дебалансного віброприводу до власної резонансної частоти коливань коливної механічної системи вібромашини. Другий технологічний контур автоматично забезпечуватиме задану технологічно оптимальну величину динамічної в'язкості сипучого середовища на власній резонансній частоті коливань коливної механічної системи адаптивної вібраційної технологічної машини.

Запропонований метод автоматичної стабілізації величини динамічної в'язкості сипучого середовища дозволить модифікувати існуючі [10] адаптивні системи керування віброприводами та створити принципово нові адаптивні вібраційні технологічні машини у випадку їх проектування з нуля.

ВИСНОВКИ. Запропоновано метод керування динамічними параметрами робочого органу адаптивних вібраційних технологічних машин, що дозволяє при постійно змінній ω_d резонансній робочій частоті адаптивної вібраційної технологічної машини проводити автоматичну стабілізацію ефективною динамічною в'язкістю μ віброкиплячого шару робочого середовища шляхом корекції A_d амплітуди коливань робочого органу таким чином, щоб постійно виконувалась рівність

$A_d = \sqrt{(A_z^4 \omega_z^5) / \omega_d^5}$ (ω_z , A_z – задані параметри коливальності робочого органу, за якими значення ефективної динамічної в'язкості μ віброкиплячого шару робочого середовища з технологічної точки зору є оптимальним). Даний метод керування динамічними параметрами робочого органу дозволяє оптимізувати роботу електромеханічної коливної системи вібромашини за технологічним параметром (μ), постійно адаптуючи динамічні параметри віброприводу до енергозберігаючого резонансного режиму роботи вібромашини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. – М.: Наука, 1964. – 410 с.
2. Блехман И.И. Вибрационная механика. – М.: Физматлит, 1994. – 400 с.
3. Членов В.А., Михайлов Н.В. Виброкипящий слой. – М.: Наука, 1972. – 341 с.
4. Чубик Р.В. Адаптивна система керування режимами резонансних вібраційних технологічних машин: автореф. дис... канд. тех. наук. – Львів, 2007. – 20 с.
5. Пат. 10971 А Україна, В65ВG27/24. Спосіб керування роботою машини із коливними рухами робочих органів / П.С. Берник, Р.В. Чубик,

В.А. Пашистый (Україна). – № 200502375; опубл. 15.12.2005; Бюл. № 12. – 4 с.

6. Пат. 92041 А Україна, В65G27/100. Спосіб стабілізації технологічно оптимальних параметрів вібраційного поля адаптивних вібраційних технологічних машин / Л.П. Серета, Р.В. Чубик, Л.В. Ярошенко (Україна). – № а200806209; опубл. 27.09.2010; Бюл. № 18. – 3 с.

7. Сергеев А.П. Исследование процесса обработки, механизация и автоматизация вспомогательных работ на машинах для объемной вибрационной обработки // Механизация процесса снятия заусенцев. – М.: МДНТП, 1966. – С. 74–85.

8. Сердюк Л.И., Давыденко Ю.А., Осина Л.М. Различные подходы к оценке динамических, энергетических и технологических возможностей вибрационных машин // Вибрации в технике и технологиях. Всеукраїнський науково-технічний журнал. – 2004. – Вип. 3/2004 (35). – С. 113–117.

9. Копылов Ю.Р. Амплитудные и фазочастотные характеристики вибрирующей рабочей среды // Вибрации в технике и технологиях. Труды III Международной научно-технической конференции. – Евпатория, 1998. – С. 133–137.

10. Чубик Р.В., Ярошенко Л.В. Керовані вібраційні технологічні машини: монографія. – Вінниця: ВНАУ, 2011. – 355 с.

STABILIZATION OF PARAMETERS VIBRATION IMPACT ON CRITERION VISCOSITY VIBRATION BOIL LAYER

R. Chubyk, N. Zraylo

Drohobych State Pedagogical University

vul. Stryiska, 3, Drohobych, 82100, Ukraine. E-mail: R_Chubyk@yahoo.com

Analysis of factors affecting the lower the internal friction in granular materials was made. Optimal conditions for vibrating mixing and movement of loose material in industrial processes in which the material becomes loose fluidity that is inherent in a viscous fluid and can be characterized by conventional rheological constants are installed. It is shown that when accelerating external vibration on your body for more adaptive vibration acceleration of gravity, there is a transition from a state vibration liquefaction in a state of vibration boiling and the process is characterized by variation of the effective dynamic viscosity μ by several orders. To ensure the acceleration of heat and mass transfer processes in the bulk medium with different physicochemical properties by sustainable vibration stirring (boiling) should provide a minimum (or set of technologically optimal) effective coefficient of dynamic viscosity μ loose environment. It is shown that the existing methods of stabilizing dynamic parameters of the vibration field vibration boil environment in which case changes in load working body or when changing mode of adaptive technology machine vibration control system adjusts the frequency and amplitude of forced vibrations vibro working body unable to stabilize over time at an optimum level technologically effective coefficient of dynamic viscosity μ loose environment. Based on the behavior of loose environment in the transition from a state vibration dilution to a state of vibration boil the method of vibration control dynamic parameters the hollow body working adaptive vibration technology machines, which allows for minimal energy consumption in vibrogear (resonance mode) and stabilize over time viscosity μ boil vibration environment in their working body at a given technologically optimal level. This method of control dynamic parameters of the working body to maximize operator electromechanical oscillatory vibration system on technological parameter (μ), constantly adapting to the dynamic parameters Vibro Energy Saving resonant mode of vibration.

Key words: controlled shakers, vibrator, adaptive vibrator, vibroboiling layer.

REFERENCES

1. Blekhman, I.I. and Dzhaneldidze, G.Yu. (1964), *Vibratsionnoe peremeshchenie* [Vibration impact on moving], Nauka, Moscow. (in Russian)

2. Blekhman, I.I. (1994), *Vibratsionnaya mekhanika* [Vibrational Mechanics], Fizmatlit, Moscow. (in Russian)

3. Chlenov, V.A. and Mikhaylov, N.V. (1972), *Vibrokipyashchiy sloy* [Vibration boil layer], Nauka, Moscow. (in Russian)

4. Chubyk, R.V. (2007), *Adaptyvna systema keruvannya rezhymamy rezonansnykh vibratsiynykh tekhnolohichnykh mashyn*: [Adaptive control mode resonant vibration technology machines], *Thesis Candidate of Technical Sciences*, Lviv. (in Ukrainian)

5. Bernik, P.S., Chubyk, R.V. and Pashystyi, V.A. (2005), *Sposib keruvannya robotoyu mashyny iz kolyvnymy rukhamy robochykh orhaniv* [The method operate the machine with the vibrational motions of working], Ukraine Patent no. 200502375; Publ. 15.12.2005; Bull. no. 12. (in Ukrainian)

6. Sereda, L.P., Chubyk, R.V. and Yaroshenko, L.V. (2010), *Sposib stabilizatsiyi tekhnolohichno optymalnykh parametriv vibratsiynoho polya adaptyvnykh vibratsiynykh tekhnolohichnykh mashyn* [Method of stabilizing technologically optimal parameters of the vibration field of adaptive vibration technology machines], Pat. 92041 A Ukraine, B65G27/100, no. a200806209; Publ. 27.09.2010; Bull. no. 18. (in Ukrainian)

7. Sergeev, A.P. (1966), *Issledovaniye protsessa obrabotki, mekhanizatsiya i avtomatizatsiya vspomogatelnykh rabot na mashinakh dlya obyomnoy vibratsionnoy obrabotki* [Investigation of processing, mechanization and automation of auxiliary operations on the machines for processing bulk vibrational], Moscow. (in Russian)

8. Serdyuk, L.I., Davydenko, Yu.A. and Aspen L.M. (2004), *"Razlichnyye podkhody k otsenke dinamicheskikh, energeticheskikh i tekhnologicheskikh vozmozhnostey vibratsionnykh mashin"*, Vibrating technical and technology, Nationwide Scientific Publishing, Vol. 3, no. 35, pp. 113–117. (in Ukrainian)

9. Kopylov, Yu.P. (1998), "Amplitudny and fazochastotny charakteristyky vibriruyuchey robochoi sredy", *Vibratsii v tekhnike i tekhnologiyakh. Trudy III Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Vibrations in engineering and technology, Proceedings of the III International Science and Engineering Conference], Evpatoria. (in Russian)

10. Chubyk, R.V. and Yaroshenko, L.V. (2011), *Kerovani vibratsiyni tekhnolohichni mashyny: monohrafiya* [Managed vibrating technological machine: Monograph], VNAU, Vinnitsya. (in Ukrainian)

Стаття надійшла 19.01.2015.