

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 107715

**СПОСІБ КОРЕКЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО
ОРГАНУ АДАПТИВНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
МАШИНИ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ГЛИБИНИ ПРОНИКНЕННЯ
НИЗЬКОЧАСТОТНИХ КОЛИВАНЬ В ШАРИ СИПУЧОГО
МАТЕРІАЛУ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **24.06.2016**.

В.о. Голови Державної служби
інтелектуальної власності України

А.А.Малиш





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **107715** (13) **U**
(51) МПК
B65G 27/24 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 11237	(72) Винахідник(и): Зозуляк Ігор Анатолійович (UA), Зозуляк Оксана Володимирівна (UA), Чубик Роман Васильович (UA)
(22) Дата подання заявки: 16.11.2015	(73) Власник(и): Зозуляк Ігор Анатолійович, вул. Наукова, 16, с. Агрономічне, Вінницький р-н, Вінницька обл., 23227 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 24.06.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 24.06.2016, Бюл.№ 12	

(54) СПОСІБ КОРЕКЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ АДАПТИВНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАШИНИ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ГЛИБИНИ ПРОНИКНЕННЯ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ КОЛИВАНЬ В ШАРИ СИПУЧОГО МАТЕРІАЛУ

(57) Реферат:

Спосіб корекції динамічних параметрів робочого органу адаптивної вібраційної технологічної машини для стабілізації глибини проникнення низькочастотних коливань в шари сипучого матеріалу, в якому система керування віброприводом, відслідковуючи власну частоту коливань механічної коливної системи ω_d , підтримує режим роботи адаптивної вібраційної технологічної машини, близький до резонансного, і в процесі роботи адаптивної вібраційної технологічної машини система керування контролює два параметри - частоту ω_d та амплітуду A_d коливань робочого органу і у випадку зміни маси завантаження робочого органу або при необхідності зміни режиму роботи адаптивної вібраційної технологічної машини система керування корегує частоту та амплітуду вимушуючих коливань віброприводу робочого органу, до частоти ω_d , яка близька до резонансної частоти пружної коливної системи вібромашини при заданому завантаженні робочого органу, і амплітуду коливань робочого органу A_d на резонансній частоті, при якому виконувалась наступна умова $A_d = \sqrt{(A_z^2 \cdot \omega_z^3) / \omega_d^3}$, де ω_z та A_z задані технологічно оптимальні параметри вібраційного поля адаптивної вібраційної технологічної машини.

UA 107715 U

Корисна модель стосується вібраційної техніки і може знайти застосування у машинобудуванні та приладобудуванні, а також у гірничо-переробній, хімічній, харчовій, будівельній промисловості та сільськогосподарському виробництві.

Відомий спосіб керування роботою машини із коливними рухами робочих органів [1], в якому згідно з корисною моделлю, в процесі роботи адаптивної вібраційної технологічної машини (АВТМ) система керування контролює два параметри - частоту та амплітуду коливань робочого органу і у випадку зміни завантаження робочого органу або при необхідності зміни режиму роботи машини система керування коректує частоту та амплітуду вимушуючих коливань приводу робочого органу, до частоти, яка близька до резонансної частоти пружної системи вібромашини при заданому завантаженні робочого органу, і амплітуду коливань на резонансній частоті так, щоб вона відповідала оптимальному режиму технологічного процесу.

Недоліком такого способу стабілізації технологічних параметрів вібраційного поля АВТМ 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 із амплітудою у 3 мм, і при зміні маси завантаження робочого органу резонансна частота зростає до 52 Гц при тій же амплітуді у 3 мм, що призведе до зміни інтенсивності технологічного процесу АВТМ. Це пояснюється тим, що у першому випадку за 1 с АВТМ виконувала 50 повних коливань, де за кожне коливання виконувалась певна корисна робота, а в другому випадку АВТМ уже виконуватиме 52 повні коливання при тій же самій амплітуді коливань робочого органу, тому у другому випадку буде більша інтенсивність віброобробки, що для певних технологічних процесів є недопустимим.

Найбільш близьким за технічною суттю є спосіб стабілізації технологічно оптимальних параметрів вібраційного поля адаптивних вібраційних технологічних машин (АВТМ) [2], в якому система керування віброприводом, відслідковуючи власну частоту коливань механічної

коливної системи ω_d , підтримує режим роботи адаптивної вібраційної технологічної машини, близький до резонансного, в процесі роботи адаптивної вібраційної технологічної машини

система керування контролює два параметри - частоту ω_d та амплітуду A_d коливань робочого органу і у випадку зміни маси завантаження робочого органу або при необхідності зміни режиму роботи адаптивної вібраційної технологічної машини система керування коректує частоту та

амплітуду вимушуючих коливань віброприводу робочого органу, де частота ω_d , яка близька до резонансної частоти пружної коливної системи вібромашини при заданому завантаженні робочого органу, і амплітуду коливань робочого органу A_d на резонансній частоті так, щоб

виконувалась умова $A_d = \sqrt{(A_z^2 \cdot \omega_z^2) / \omega_d^2}$, де ω_z та A_z заданих технологічних оптимальних параметрів вібраційного поля адаптивної вібраційної технологічної машини.

Недоліком такого способу стабілізації технологічних параметрів вібраційного поля АВТМ є те, що застосування питомої роботи вібраційного поля є адекватним та експериментально доведеним критерієм в роботах [3, 4, 5] для якісної та кількісної оцінки лише технологічних процесів, що пов'язані із віброобразивною обробкою деталей. Тому застосування способу керування динамічними параметрами робочого органу АВТМ на резонансній робочій частоті

так, щоб виконувалась умова $A_d = \sqrt{(A_z^2 \cdot \omega_z^2) / \omega_d^2}$ для таких технологічних процесів, як наприклад: віброосушіння, віброохолодження, віброущільнення, віброзміцнення (підвищення мікротвердості, створення залишкових напружень), віброочистка (очистка заготовок і деталей від окалини, корозії, нагару), віброперемішування, є недоцільним.

Задачею є підвищення точності дотримання технологічних режимів роботи адаптивних вібраційних технологічних машин.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі корекції динамічних параметрів робочого органу адаптивної вібраційної технологічної машини для стабілізації глибини проникнення низькочастотних коливань в шари сипучого матеріалу, відслідковуючи власну частоту коливань механічної коливної системи ω_d , підтримує режим роботи адаптивної вібраційної технологічної машини, близький до резонансного, і в процесі роботи адаптивної вібраційної технологічної машини система керування контролює два параметри - частоту ω_d та амплітуду A_d коливань робочого органу і у випадку зміни маси завантаження робочого органу або при необхідності зміни режиму роботи адаптивної вібраційної технологічної машини система керування коректує

частоту та амплітуду вимушуваних коливань віброприводу робочого органу, до частоти ω_d , яка близька до резонансної частоти пружної коливної системи вібромашини при заданому

завантаженні робочого органу, і амплітуду коливань робочого органу A_d на резонансній частоті

5 так, щоб виконувалась наступна умова $A_d = \sqrt{(A_z^2 \cdot \omega_z^3) / \omega_d^3}$, де ω_z та A_z задані технологічно

оптимальні параметри вібраційного поля адаптивної вібраційної технологічної машини.
 Запропонований спосіб корекції динамічних параметрів робочого органу адаптивної вібраційної технологічної машини для стабілізації глибини проникнення низькочастотних коливань в шари сипучого матеріалу дозволяє системі керування динамічними параметрами віброприводу автоматично оптимізувати динамічні параметри віброкиплячого середовища із сипучого матеріалу в технологічних процесах, що реалізуються чи інтенсифікуються за допомогою вібрації. Оптимізація динамічних параметрів сипучого віброкиплячого середовища за критерієм розповсюдження вібрації в шарах дозволяє забезпечити стабільність протягом технологічного циклу віброобробки (наприклад: віброосушення, віброохолодження, віброущільнення, віброзміцнення (підвищення мікротвердості, створення залишкових напружень), віброочистки (очистка заготовок і деталей від окалини, корозії, нагару), таких технологічних параметрів адаптивної вібраційної технологічної машини як: якість віброперемішування, час віброперемішування та продуктивність технологічної лінії.

На кресленні зображено функціональну схему способу корекції динамічних параметрів робочого органу адаптивної вібраційної технологічної машини для стабілізації глибини проникнення низькочастотних коливань в шари сипучого матеріалу.

На кресленні зображено функціональну схему запропонованого способу корекції динамічних параметрів робочого органу адаптивної вібраційної технологічної машини для стабілізації глибини проникнення низькочастотних коливань в шари сипучого матеріалу. На адаптивну вібраційну технологічну машину 1 діє $\pm \Delta M$ параметричне збурення 7, що може бути обумовлене зміною висоти шару $\pm \Delta H$ сипучого матеріалу на робочому органі адаптивної вібраційної технологічної машини або зміною густини, вологості, неоднорідності чи будь яких інших фізико-хімічних властивостей сипучого матеріалу. Адаптивна вібраційна технологічна машина 1 з'єднана із блоком порівняння 2 та блоком синтезу 5, який з'єднаний із блоком 6 введення технологічних параметрів вібраційного поля. Сигнал з виходу блока синтезу 5 надходить на блок порівняння 2, а з виходу блока порівняння 2 надходить у блок регулятора амплітуди віброприводу 3 і з його виходу надходить на вібропривод 4, що приводить в рух адаптивну вібраційну технологічну машину 1.

Спосіб корекції динамічних параметрів робочого органу адаптивної вібраційної технологічної машини для стабілізації глибини проникнення низькочастотних коливань в шари сипучого матеріалу полягає у наступному: висота (глибина) шару, на яку проникають низькочастотні коливання від робочого органу адаптивних вібраційних технологічних машин, залежить від багатьох фізико-хімічних властивостей сипучого матеріалу і від того чи діють на нього лише вібраційним впливом, чи паралельно із вібраційним впливом застосовують подачу через шар розріджуючого агента (наприклад: гарячого повітря, ...). В роботі [6] показано, що із збільшенням відстані від дна робочого органу адаптивної вібромашини коефіцієнт вібров'язкості зростає, а рухомість частинок сипучого матеріалу падає. І в такому випадку δ глибина проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу визначається наступним виразом:

$$\delta = \frac{2 \cdot N}{S \cdot A_d^2 \cdot \omega_d^3} \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho}}, \quad (1)$$

45 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, A_d - дійсна амплітуда коливань робочого органу АВТМ, ω_d - дійсна частота коливань робочого органу АВТМ. Аналізуючи вираз (1) можна побачити, що зниженням частоти коливань робочого органу в адаптивних вібраційних технологічних машинах призводить до збільшення величини зони проникнення вібрації в шар сипучого матеріалу. Основною рисою адаптивних вібраційних технологічних машин є відслідковування зміни приведеної маси [7, 8, 9] $\pm \Delta M$ коливної системи вібромашини та постійне автоматичне підстроювання частоти ω_p коливань циклічної

вимушуючої сили дебалансного віброприводу до власної резонансної частоти коливної механічної системи АВТМ. Завдяки постійній автоматичній корекції ω_p АВТМ завжди працює в енергозберігаючому резонансному режимі. Зміна висоти шару $\pm \Delta H$ сипучого матеріалу на робочому органі адаптивної вібраційної технологічної машини або зміна густини, вологості, неоднорідності чи будь яких інших фізико-хімічних властивостей сипучого матеріалу буде причиною зміни $\pm \Delta M$ приведеної маси коливної механічної системи АВТМ. Як наслідок система керування динамічними параметрами дебалансного віброприводу відрегулює його частоту циклічної вимушуючої сили ω_p , а це буде причиною зміни δ глибини проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу. Хаотична зміна глибини проникнення δ низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу негативно впливатиме на параметри віброкиплячого середовища із сипучого матеріалу (наприклад: якість віброперемішування, час віброперемішування, продуктивність технологічної лінії) та ті технологічні процеси, що реалізуються чи інтенсифікуються за допомогою вібрації (наприклад [10]: віброосушіння, віброохолодження, віброущільнення, віброзміцнення (підвищення мікротвердості, створення залишкових напружень), віброочистка (очистка заготовок й деталей від окалини, корозії, нагару). Для того, щоб глибина проникнення δ низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу залишилась на попередньому рівні необхідно проводити корекцію дійсної амплітуди A_d коливань робочого органу АВТМ шляхом зміни амплітуди $\pm \Delta F$ циклічної вимушуючої сили $F \cdot \sin(\omega_p \cdot t)$, яка передається робочому органу вібромашини.

Принцип роботи запропонованого способу корекції динамічних параметрів робочого органу адаптивної вібраційної технологічної машини для стабілізації глибини проникнення низькочастотних коливань в шари сипучого матеріалу проілюстровано (Фіг. 1) на прикладі адаптивної вібраційної технологічної машини 1, на яку діє постійне параметричне збурення 7 у вигляді зміни приведеної маси $\pm \Delta M$ коливної системи АВТМ 1. Відповідно до [9] зміни приведеної маси $\pm \Delta M$ коливної системи є причиною зміни власної резонансної частоти АВТМ. Завдяки тому, що АВТМ автоматично відслідковує зміну власної резонансної частоти коливної механічної системи та автоматично коректує [11] ω_p частоту циклічної вимушуючої сили дебалансного віброприводу 4, відбувається підтримування постійного резонансного режиму роботи. Внаслідок чого ω_d дійсна частота коливань робочого органу АВТМ постійно змінюється (плаває) і як наслідок присталі (незмінній) амплітуді циклічної вимушуючої сили дебалансного віброприводу 4 плаватиме (змінюватиметься) A_d дійсна амплітуда коливань робочого органу АВТМ.

Відповідно до виразу (1) в часі постійно змінюватиметься і глибина проникнення δ низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу, що негативно впливатиме на технологічні процеси, які реалізуюватиме адаптивна вібромашина 1. Постійна зміна глибини проникнення δ низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу протягом циклу технологічної віброобробки негативно вплине на якість віброперемішування, час віброперемішування (за час циклу вібромашина не встигатиме) та продуктивність технологічної лінії. Щоб стабілізувати в часі δ глибину проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу відносно довільної робочої частоти адаптивної вібромашини 1 необхідно відштовхуватися від заданої глибини проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу, яка є оптимальною з технологічної точки зору для конкретного вібропроцесу із певними фізико-хімічними властивостями сипучого матеріалу. Задана δ глибина проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу визначатиметься технологічно оптимальними динамічними параметрами робочого органу A_z , заданою амплітудою коливань робочого органу АВТМ 1 та ω_z заданою частотою коливань робочого органу АВТМ 1. Задані технологічно оптимальні динамічні параметри робочого органу АВТМ 1 через блок 6 введення технологічних параметрів надходять в блок синтезу 5. В блоці синтезу 5 на основі інформації від АВТМ 1 про дійсну A_d амплітуду коливань робочого органу АВТМ 1 та ω_d дійсну частоту коливань робочого органу АВТМ 1 відбувається порівняння заданої δ глибини проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу із дійсною δ глибиною проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу.

$$\frac{2 \cdot N}{S \cdot A_z^2 \cdot \omega_z^3} \cdot \sqrt{1} = \frac{2 \cdot N}{S \cdot A_d^2 \cdot \omega_d^3} \cdot \sqrt{1}$$

На основі порівняння заданої δ глибини проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу із дійсною δ глибиною проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу можна легко визначити A_N необхідну амплітуду коливань робочого органу

5 АВТМ 1, яка дозволяє при ω_d дійсній частоті коливань робочого органу АВТМ 1 забезпечити задане проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу. Якщо прирівняти задане проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу із необхідним для конкретної ω_d дійсної частоти коливань робочого органу АВТМ 1 отримуємо A_N необхідну амплітуду коливань робочого органу:

$$10 \quad \frac{2 \cdot N}{S \cdot A_z^2 \cdot \omega_z^3} \cdot \sqrt{1} = \frac{2 \cdot N}{S \cdot A_N^2 \cdot \omega_d^3} \cdot \sqrt{1}, \text{ звідки } A_N = \sqrt{\frac{A_z^2 \cdot \omega_z^3}{\omega_d^3}} \quad (2)$$

В блоці порівняння 2 відбувається порівняння дійсної A_d амплітуди коливань робочого органу АВТМ 1 A_N необхідною амплітудою коливань робочого органу АВТМ 1. Безпосередньо по модулю та знаках даного порівняння $\pm \Delta A$ можна судити наскільки і в яку сторону необхідно проводити корекцію амплітуди циклічної вимушеної сили дебалансного віброприводу 4, щоб δ глибиною проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу залишалась незмінною при кожному конкретному значенні ω_d дійсної частоти коливань робочого органу АВТМ 1. На основі величини та знака параметра $\pm \Delta A$ блок регулятора амплітуди віброприводу 3 проводить зміну кута [12] між дебалансами віброприводу 4, коректуючи амплітуду його циклічної вимушеної сили. Реалізація автоматичного контуру керування динамічними параметрами керованого дебалансного віброприводу на основі виразу (2) дозволяє розширити технологічні можливості адаптивних вібраційних машин за рахунок стабілізації глибини проникнення низькочастотних коливань в шар сипучого матеріалу.

Джерела інформації:

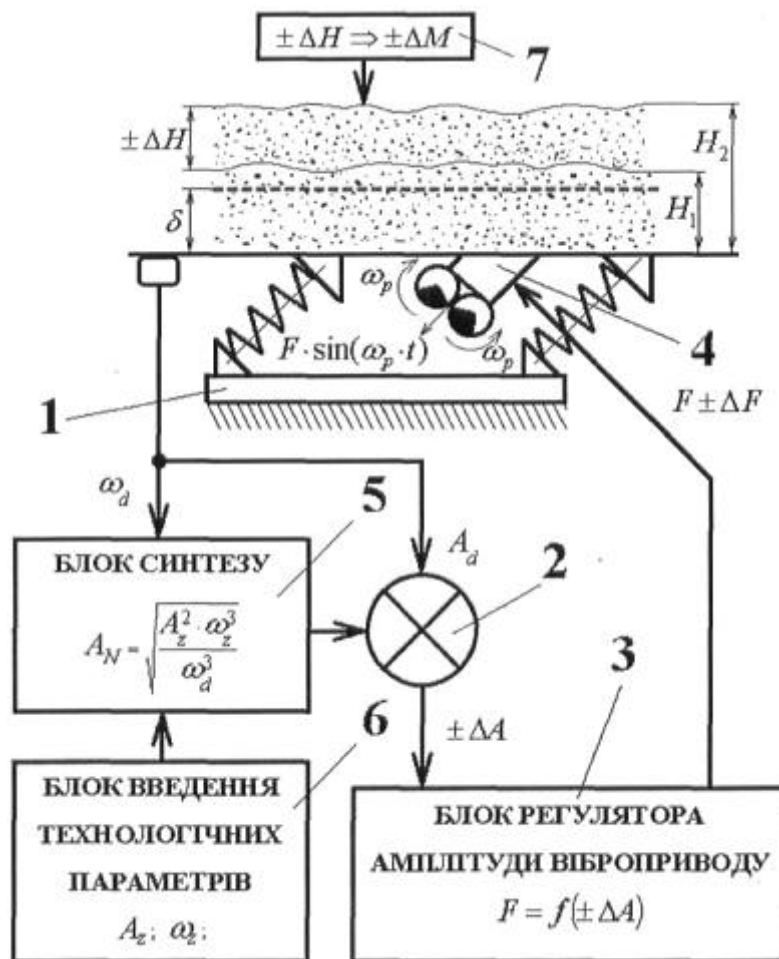
1. Пат. 10971 А Україна, В65ВG27/24.Спосіб керування роботою машини із коливними рухами робочих органів. П.С. Берник, Р.В. Чубик, В.А. Пашистий. (Україна). - № 200502375; Публ. 15.12.2005; Бюл. № 12, 4 ст.
2. Пат. 92041 А Україна, В65G27/100. Спосіб стабілізації технологічно оптимальних параметрів вібраційного поля адаптивних вібраційних технологічних машин. Серета Л.П., Чубик Р.В., Ярошенко Л.В. (Україна). - № а200806209; Опубл. 27.09.2010; Бюл. № 18, 3 ст.
- 30 3. Сергеев А.П. Исследование процесса обработки, механизация и автоматизация вспомогательных работ на машинах для объемной вибрационной обработки / А.П. Сергеев // Механизация процесса снятия заусенцев. МДНТП, - М.: 1966. - С. 74-85.
4. Сердюк Л.И. Различные подходы к оценке динамических, энергетических и технологических возможностей вибрационных машин / Л.И.Сердюк, Ю.А. Давыденко, Л.М. Осина // Вибрации в технике и технологиях. Всеукраїнський науково-технічний журнал, 2004. - № 3 (35). - С. 113-117.
5. Копылов Ю.Р. Амплитудные и фазо-частотные характеристики вибрирующей рабочей среды / Ю.Р. Копылов // Вибрации в технике и технологиях. Труды III международной научно-технической конференции. - Евпатория, 1998. - С. 133-137.
- 40 6. Членов В.А. Виброкипящий слой / В.А.Членов, Н.В. Михайлов. - М.: Наука, 1972. - 341 с.
7. Зеленцов Л.К. Влияние рабочей среды на колебания вибрационной установки для объемной обработки деталей / Л.К. Зеленцов // Состояние и перспективы промышленного освоения вибрационной обработки. - Ростов-на-Дону, 1974. - С. 37-41.
8. Франчук В.П. Разработка способов расчета нелинейных динамических систем вибрационных машин с существенным влиянием технологической нагрузки: Автореф. дис. д-ра.тех. наук / В.П. Франчук. - Днепропетровск: 1982. - 40 с.
9. Блехман И.И. Вибрационная механика / И.И. Блехман; [англ. перевод: Blekhan I. I. Vibrational Mechanics. (Nonlinear Dynamic Effects, General Approach, Applications). Singapore et al: World Scientific Publishing Co., 2000. 510 p.]. - М.: Физматлит, 1994. 400 с.
- 50 10. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. - Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, - 1999. - 621с.

11. Пат. 87776 А Україна, В65В G27/00. Спосіб керування роботою адаптивних вібраційних технологічних машин. Серета Л.П., Чубик Р.В., Ярошенко Л.В. (Україна). - № а200803685; опубл. 10.08.2009; Бюл. № 15. - 4 с.

12. Пат. 104108 UA Україна, В06В 1/16. Керований вібробудувач. Чубик Р.В., Ярошенко Л.В., Мокрицький Р.Б., Деньщikov О.Ю. (Україна). - № а201302007; Опубл. 25.12.2013; Бюл. № 24, 8 ст.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10 Спосіб корекції динамічних параметрів робочого органу адаптивної вібраційної технологічної машини для стабілізації глибини проникнення низькочастотних коливань в шари сипучого матеріалу, в якому система керування віброприводом, відслідковуючи власну частоту коливань механічної коливної системи ω_d , підтримує режим роботи адаптивної вібраційної технологічної машини, близький до резонансного, і в процесі роботи адаптивної вібраційної технологічної машини система керування контролює два параметри - частоту ω_d та амплітуду A_d коливань робочого органу і у випадку зміни маси завантаження робочого органу або при необхідності зміни режиму роботи адаптивної вібраційної технологічної машини система керування корегує частоту та амплітуду вимушуючих коливань віброприводу робочого органу, до частоти ω_d , яка близька до резонансної частоти пружної коливної системи вібромашини при заданому завантаженні робочого органу, і амплітуду коливань робочого органу A_d на резонансній частоті, яка **відрізняється** тим, що виконувалась наступна умова $A_d = \sqrt{(A_z^2 \cdot \omega_z^3) / \omega_d^3}$, де ω_z та A_z задані технологічно оптимальні параметри вібраційного поля адаптивної вібраційної технологічної машини.



Комп'ютерна верстка О. Рябко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601