



Назаренко І. І.

Мартинюк І. Ю.

Київський національний
університет
будівництва і
архітектури

Nazarenko I. I.

Martyniuk I.Y.

Kyiv National University
of Construction and
Architecture

УДК 693.546.42

СТАБІЛІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ВІБРОМАЙДАНЧИКА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВИРОБІВ

Розглянуто можливі способи керування роботою вібромайданчика.

Здійснена оцінка зміни фазових кутів від жорсткості обмежувача коливань робочої рами вібромайданчика. Визначено наукові передумови для розробки конструктивної схеми вібромайданчика, режим ефективної роботи якого представляється біля резонансним.

Ключові слова: бетонна суміш, резонанс, ущільнення, вібрація.

Постановка проблеми. Динаміка лінійних вібромашин з різними типами приводів досить добре вивчена. Запропоновані розрахункові залежності для визначення основних параметрів. Подальші дослідження є пошук рішень щодо автоматизації режимів і параметрів, що особливо важливі для формування стандартних кубів бетону, де необхідно утримувати параметри ущільнення в сурових межах їхніх значень. В роботі вирішується проблема на основі керування характеристикою вібромайданчика шляхом визначення фазочастотних характеристик, залежність моменту опору від частоти змушуючої сили, виявлення впливу на ці характеристики зосереджених мас машини, та оброблюваного середовища.

Аналіз попередніх досліджень. Застосування вібраційної дії на оброблюване середовище набуло домінуючого способу завдяки дослідженням відомих вчених: Ахвердова Й.М. [1], Баженова Ю.М. [2], Гусєва В.В. [3], Кунноса Г.Я. [4], Міклашевського Е.П. [5], Михайлова І.В. [6], Овчинникова П.Ф. [7], Сівка В.Й. [8], та інш. вчених, інженерів-технологів.

Встановлені параметри і режими ущільнення бетонних сумішей різними конструкціями вібраційної техніки реалізована завдяки дослідженням: Баумана В.А. [9], Блехмана І.І. [10], Борщевського А.А. [11], Іткіна О.Ф. [12], Крюкова Б.І. [13], Ланця О.С. [14], Ловейкіна В.С. [15], Лялінова А.Н. [16], Маслова О.Г. [17], Назаренка І.І. [18], Нестеренка М.П. [19], Олеховича К.А. [20], Чубука Ю.Ф. [21],

Яковенка В.Б. [22] і інш. вчених та інженерів-механіків.

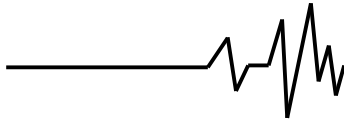
Регулювання робочого процесу вібраційних машин тим ефективніше, чим режим їх роботи ближче до резонансного [23] і чим вище у них коефіцієнт резонансного посилення коливань [24].

З іншого боку, при гострорезонансному налаштуванні і високих коефіцієнтах резонансного посилення режим роботи машин дуже чутливий до змін зовнішніх дій [23]. Найбільш радикальний шлях усунення цих протиріч полягає в створенні машин з автоматичним регулюванням, режим роботи яких є менш чуттєвим до зміни зовнішніх дій.

Формування мети статті. Мета роботи полягає у дослідженні фазочастотних характеристик та розробці на цій основі ефективних методів керування роботою вібромайданчика.

Виклад основного матеріалу. При розробці способів керування роботою вібромашин можливі два способи. Перший, коли оптимальний режим роботи, що диктується технологічним процесом, відповідає роботі машини з максимумом переміщень, швидкостей або прискорень. Другий, коли оптимальний режим роботи, що диктується технологічним процесом, відповідає роботі машини з заданим рівнем переміщень, швидкостей або прискорень, або програмним управлінням яких-небудь з цих параметрів.

Заданий рівень переміщень, швидкостей або прискорень, що і є основною задачею досліджень, може бути досягнутий на



дорезонансній, і на зарезонансній гілках амплітудно-частотних характеристик. Цей спосіб може бути використаний в фазочуттєвій частині системи регулювання, яка визначає, на якій з двох гілок амплітудно-частотної характеристики знаходиться робоча точка машини.

Основою методики регулювання є створення системи керування їх амплітудно-частотною і фазо-частотною характеристиками, а також врахування залежності моменту опору, що виникає на валу приводного електродвигуна, від частоти змушуючої сили. Досягається ця ідея шляхами коректного розрахунку параметрів і характеристик вібромайданчика, які реально відображають робочий процес і таким чином забезпечують заданий технологією робочий режим і параметри.

Суть цього способу полягає в зміні будь-якого параметра, що визначає режим роботи машини (регулюючого впливу) таким чином, щоб при цьому підтримувалося збіг двох імпульсів, перший з яких формується в момент одного з оптимальних фазових кутів змушуючої сили ($\varphi_{1\text{ onm}}$ або $\varphi_{2\text{ onm}}$), а другий в одній з двох характерних точок траєкторії руху зосередженої маси системи або в момент зіткнення ударника з обмежувачем, що відповідає куту $\varphi_{1\text{ onm}}$, або в момент максимальної деформації обмежувача (тобто в момент переходу швидкості під час удару через нуль), що відповідає куту $\varphi_{2\text{ onm}}$.

Аналітичні залежності для визначення фазових кутів $\varphi_{1\text{ onm}}$ і $\varphi_{2\text{ onm}}$ отримані на основі розгляду дискретно-континуальної моделі [24] і мають вигляд:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{MZ - KY}{KZ + MY}; \quad (1)$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{Z\gamma B_1 - Y}{Z + Y\gamma B_1}. \quad (2)$$

Римськими цифрами I і II в індексі позначені відповідні параметри машин з першим і другим варіантами установки відцентрового приводу.

В виразах (1) – (2)

$$K = \gamma^2 - \gamma^2 + \frac{x}{1+x}; \quad (3)$$

$$M = \gamma\beta_2^2 + \frac{x}{1+x}\gamma\beta_1; \quad (4)$$

$$Z = \frac{\chi}{1+\chi}\gamma^2 - \chi\gamma^2 - \frac{\chi}{1+\chi}\gamma^2\beta_1\beta_2 - \chi\gamma^2\gamma^2 + \chi\gamma^2; \quad (5)$$

$$Y = \frac{\chi}{1+\chi}\gamma\beta_2 + \frac{\chi}{1+\chi}\gamma^2\gamma\beta_1 - \chi\gamma^3\beta_1 - \chi\gamma^3\beta_2. \quad (6)$$

Використання фазового кута $\varphi_{1\text{ onm}}$

доцільно для регулювання машин з жорсткими $\gamma_1^2 > 10$ обмежувачами, тобто машин, прискорення яких у момент удару мають яскраво виражений пік, що дозволяє зафіксувати початок удару звичайним граничним акселерометром.

Фазовий кут $\varphi_{2\text{ onm}}$ зручно

використовувати для регулювання машин з пружними обмежувачами ($\gamma_1^2 < 10$) (рис. 1), в яких немає яскраво вираженого піку прискорень, а час зіткнення ударника з обмежувачем (τ_y) наближається до $\pi/2$, і тому момент переходу швидкості під час удару через нуль може бути легко зафіксовано вібрдатчиком або акселерометром з фіксуючим контуром.

У лінійних вібраційних машинах, як відомо, в резонансі кут зсуву фаз між змушуючою силою і переміщенням складає $\pi/2$, а між змушуючою силою і швидкістю 0.

За результатами досліджень та розрахунків, були побудовані графіки $\varphi_{1\text{ onm}}$,

$\varphi_{2\text{ onm}}$ і $\varphi_{3\text{ onm}}$ від γ_1^2 (рис. 2 рис. 3). Кут $\varphi_{3\text{ onm}}$

відповідає фазовому куту змушуючої сили у момент відриву маси від обмежувача $\varphi_{1\text{ onm}}$ – у

момент опору маси з обмежувачем і – $\varphi_{2\text{ onm}}$ у

момент максимальної деформації обмежувача, тобто у момент переходу швидкості через резонанс, а згідно з прийнятою умовою при $c_2 = \infty$:

$$\varphi_{\text{max}} = \varphi_{1\text{ onm}} = \varphi_{2\text{ onm}}. \quad (7)$$

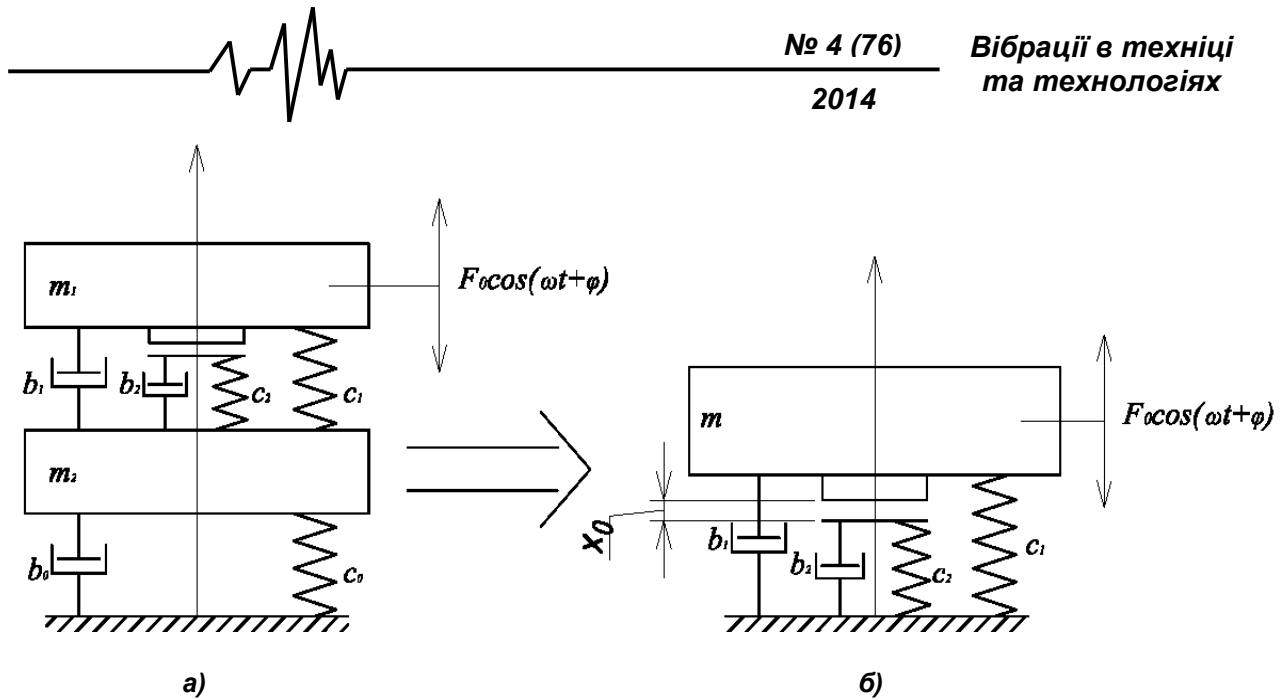


Рис. 1. Схема досліджуваної вібросистеми: а – загальна; б – редуцирована

З графіків (див. рис. 2 і рис. 3) видно, що кути $\varphi_{1\ onm}$ і $\varphi_{3\ onm}$ при переході від нелінійної системи з абсолютно жорстким обмежувачем до лінійної ($c_2=0$) монотонно змінюються на $\pi/2$. За цих же умов кут $\varphi_{2\ onm}$ змінюється всього на 0,3 радіану ($\sim 17^\circ$).

Для визначення яким чином параметри системи впливають на значення фазових кутів φ_1 і φ_2 скористаємося залежностями ударної швидкості ξ'_{cy} від частоти γ :

$$\xi'_m = -\frac{2}{1-R} \cdot \frac{\sqrt{\xi_{om} + \frac{1+f}{(1-\gamma_m^2)^2} - \xi_{om}^2}}{1+f^2}; \quad (8)$$

і фазо-частотними характеристиками -

$$\varphi = \arcsin \frac{\xi'_m (1-R)(1-\gamma_m^2)}{2}. \quad (9)$$

побудованими для ряду постійних значень в широкому діапазоні зміни параметрів системи (рис. 4, рис. 5). З цих графіків, що в широкому діапазоні зміни параметрів (у перерахунку на розмірні параметри відстань x_0 від 0 до 6мм, зміни маси в два рази, опір b_z в 3,3 рази) при максимумі ударної швидкості для кожного

значення γ_1^2 , зберігається постійність фазових кутів $\varphi_{1\ onm}$ і $\varphi_{2\ onm}$ з точністю до 0,1 рад.

Оптимальні значення фазових кутів φ_1 і φ_2 , при яких досягається максимум ударної швидкості, для машин з $\gamma_1^2 = 10$ і 100 дорівнює відповідно $\varphi_{1\ onm} = 1,3\pi$; $\varphi_{2\ onm} = 1,5\pi$ і $\varphi_{1\ onm} = 1,4\pi$; $\varphi_{2\ onm} = 1,5\pi$.

З графіків видно, що відхилення від оптимальних значень кутів φ_1 і φ_2 на $\pm 0,05$ радіан практично не призводять до зменшення максимального значення швидкості (її падіння не перевищує при цьому $\pm 5\%$).

Отже, для підтримки стабільного режиму роботи вібромайданчика, з максимумом швидкостей при можливих змінах зовнішніх впливів достатньо забезпечити підтримку заданого зсуву фаз між змушуючою силою і переміщенням, тобто підтримку фазових кутів $\varphi_{1\ onm}$ або $\varphi_{2\ onm}$.

Перший з них відповідає фазовому куту $\varphi_{1\ onm}$, а другий $\varphi_{2\ onm}$. Так як при гармонійних коливаннях однаково легко зафіксувати перехід через нуль і переміщення, і швидкості, для регулювання лінійних машин з рівним успіхом може бути використаний будь-який з двох кутів ($\varphi_{1\ onm}$ і $\varphi_{2\ onm}$).

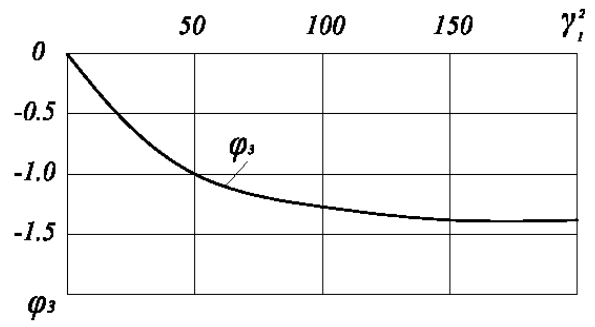
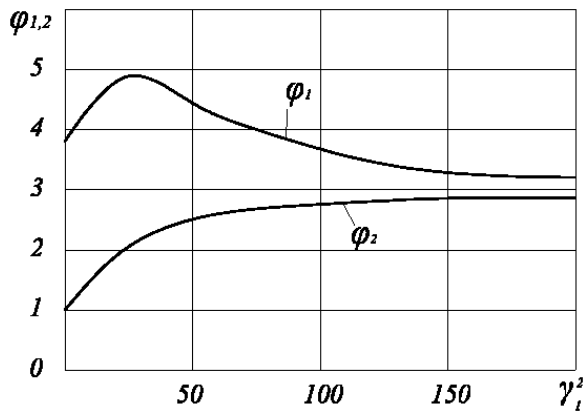
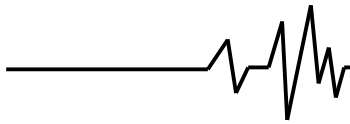


Рис. 2. Залежності фазових кутів $\varphi_{1\text{ опт}}$, $\varphi_{2\text{ опт}}$ і $\varphi_{3\text{ опт}}$ від жорсткості обмежувача при $0 < \gamma_1^2 < 150$

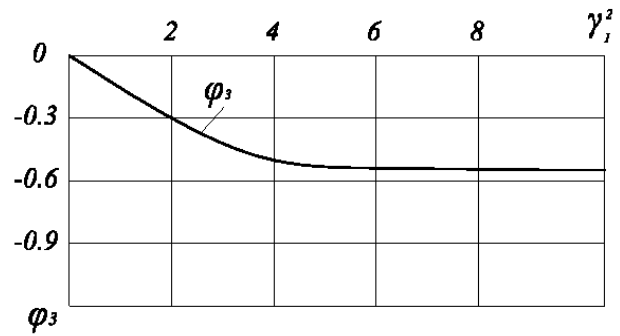
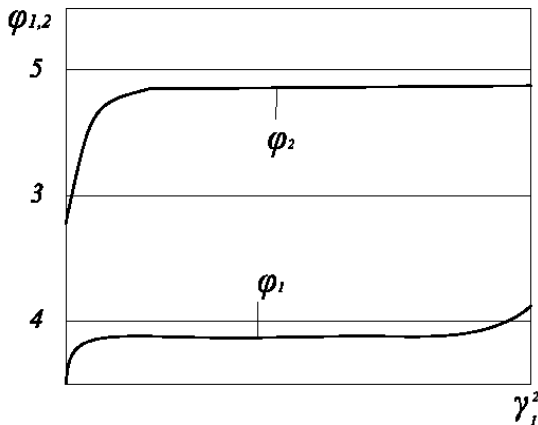


Рис. 3. Залежності фазових кутів $\varphi_{1\text{ опт}}$, $\varphi_{2\text{ опт}}$ і $\varphi_{3\text{ опт}}$ від жорсткості обмежувача при $0 < \gamma_1^2 < 10$

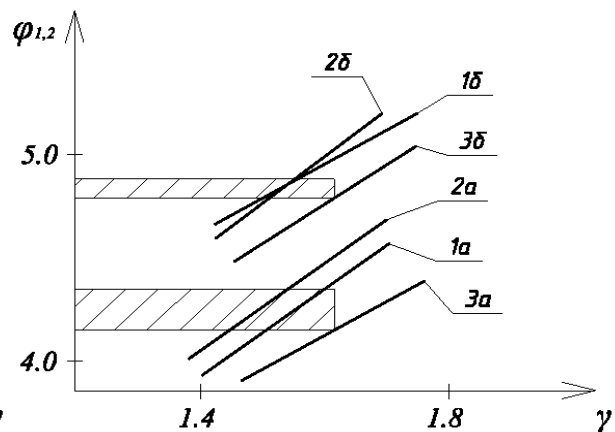
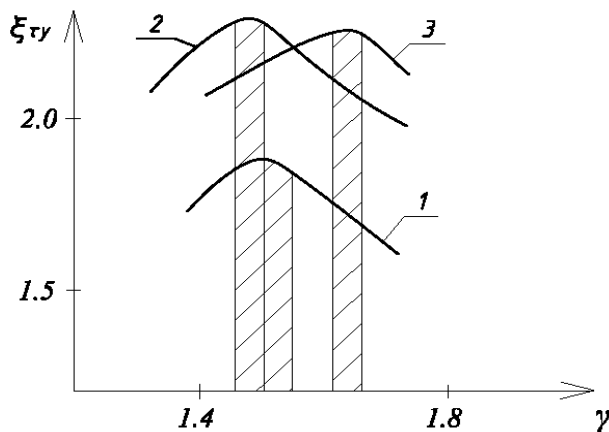


Рис. 4. Залежність ударної швидкості ξ і фазових кутів φ_1 і φ_2 від частоти γ при $\gamma_i^2 = 10$; $\nu = 1$ і наступних значеннях параметрів системи:

$\beta_1 = 0,4$; $\xi_0 = 0$; $\varepsilon = 10$ (криві 1, 1а, 1б відповідно);

$\beta_1 = 0,46$; $\xi_0 = 0$; $\varepsilon = 10$ (криві 2, 2а, 2б відповідно);

$\beta_1 = 0,46$; $\xi_0 = 0$; $\varepsilon = 10$ (криві 3, 3а, 3б відповідно)

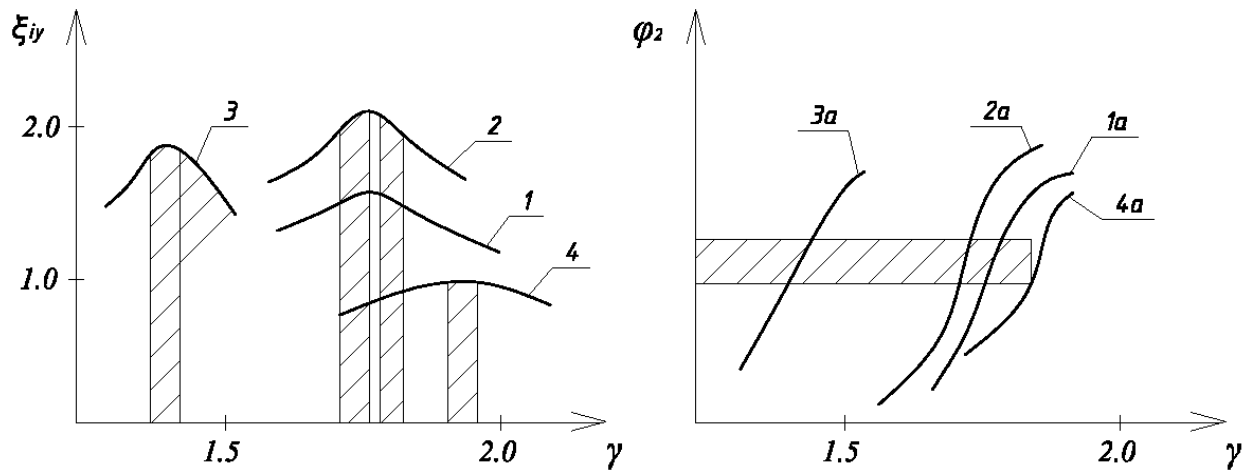
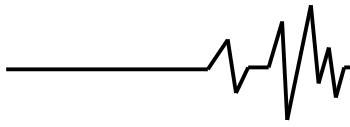


Рис. 5. Залежність ударної швидкості ξ_{iy} і фазового кута φ_2 від частоти γ при

$\gamma_i^2 = 100$ і наступних значеннях параметрів системи:

$\nu = 1; \beta_1 = 0,4; \xi_0 = 0,075; \varepsilon = 10$ (криві 1 і 1а відповідно);

$\nu = 1; \beta_1 = 0,4; \xi_0 = 0; \varepsilon = 3$ (криві 2 і 2а відповідно);

$\nu = 1; \beta_1 = 0,3; \xi_0 = 0; \varepsilon = 10$ (криві 3 і 3а відповідно);

$\nu = 2; \beta_1 = 0,4; \xi_0 = 0; \varepsilon = 10$ (криві 4 і 4а відповідно)

Таким чином, фазочастотні характеристики в заданих діапазонах дослідження параметрів дозволяють гарантувати необхідний за технологією режим і параметри ущільнення бетонних сумішей.

Висновки

1. Виявлено, що процес регулювання параметрами може бути забезпечений шляхом фіксації фазочастотної характеристики та утримання фазових кутів в установлених межах.

2. Здійснена оцінка зміни фазових кутів від жорсткості обмежувача коливань робочої рами вібромайданчика.

3. Створені наукові передумови для розробки конструктивної схеми вібромайданчика, режим ефективної роботи якого представляється біля резонансним.

Список використаних джерел

1. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.

2. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М.Баженов. – М.: АСВ, 2003.– 500 с.

3. Гусев Б.В. Технологическая механика вибрируемых бетонных смесей / Б.В.

Гусев, В.А. Файвусович. – М.: ООО «Литература – 2000», 2002. – 252 с.

4. 86. Куннос Г.Я. Вибрационная технология бетона / Г.Я. Куннос – Л.: Стройиздат, 1967. – 163 с.

5. Миклашевський Е.П. Глубинное вибрирование бетонной смеси / Е. П. Миклашевський. – М.: Стройиздат, 1981. – 176 с.

6. Михайлов И.В. Основные принципы новой технологии бетона и железобетона / И.В. Михайлов. – М.: Госстройиздат, 1961. – 53 с.

7. Овчинников П. Ф. Виброреология / П. Ф. Овчинников; отв. ред. Круглицкий. - Киев : Наукова думка, 1983. - 271 с.

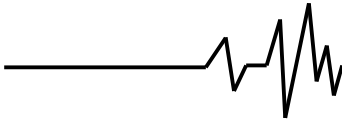
8. Сивко В. И. Основы механики вибрируемой бетонной смеси / В. И. Сивко – К.: Вища Школа, 1987. - 168 с.

9. Бауман В.А. Вибрационные машины и процессы в строительстве / В.А. Бауман, И.И. Быховский. – М.: Высшая школа, 1977. – 326 с.

10. Блехман, И.И. Вибрационная механика / И.И. Блехман. – М: Физматлит, 1994. – 400 с.

11. Борщевский А.А., Ильин А.С. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий / А.А. Борщевский, А.С. Ильин. – М.: Высш. шк., 1987. – 368 с

12. Иткин А.Ф. Вибрационные машины для формования бетонных изделий.



Монографія / А.Ф. Иткин К.: «МП Леся», 2009. – 152 с.

13. Крюков Б.И. Динамика вибрационных машин резонансного типа. / Б.И. Крюков. – К.: Наукова думка, – 1973. – 112 с.

14. Ланець О.С. Високоєфективні міжрезонансні вібраційні машини з електромагнітним приводом (Теоретичні основи та практика створення): Монографія. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 324 с.

15. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / В.С. Ловейкин. – К.: УМК ВО, 1990. – 168с.

16. Лялинов А.Н. Новые вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей / А.Н. Лялинов.– Л.: Ленинградский ДНТП.– 1970. – 95 с.

17. Маслов А.Г Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве / А.Г. Маслов, В.М. Пономарь. – К.: Будівельник, 1985.–128 с.

18. Назаренко І.І. Машины і устаткування підприємств будівельних матеріалів / І.І. Назаренко, О.В. Туманська // Конструкції та основи експлуатації: Підручник. – К.: Вища шк., 2004. – 590 с.

19. Нестеренко М. П. Дослідження робочого режиму віброплощадки з вимушеними крутильними коливаннями при формуванні ребристих плит покриттів і плит перекриттів / М. П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) – №1(31). – Полтава: ПНТУ. 2012. – С. – 163.

20. Олехнович К.А. Потребительские качества современных виброплощадок / К. А. Олехнович, Ю. И. Виноградов, Н. П. Нестеренко // Строительные и дорожные машины. – 1991.– №8.– С.14 – 16.

21. Чубук Ю.Ф. Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей / Ю.Ф. Чубук, И.И. Назаренко, В.Н. Гарнец // – К.: Выща шк., 1986. – 168 с.

22. Яковенко В.Б. Элементы прикладной теории вибрационных систем / В.Б. Яковенко – К.: Наукова думка, 1992. – 219 с.

23. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: Навчальний посібник. – К.: Слово, 2010. – 440с.

24. Назаренко І.І. Основи теорії руху землерийних і ущільнювальних машин будіндустрії з керованими у часі оптимальними параметрами / І.І. Назаренко, В.М. Смірнов, Л.С. Пелевін та ін. // Монографія. - За заг. ред. І.І. Назаренка. – К. : «МП Леся», 2013. – 188 с.

Список джерел в транслітерації

1. Akhverdov, I.N. Osnovy fiziki betona / I.N. Akhverdov. – M.: Stroyizdat, 1981. – 464 s.

2. Bazhenov Yu.M. Tekhnologiya betona / Yu.M.Bazhenov. – M.: ASV, 2003.– 500 s.

3. Gusev B.V. Tekhnologicheskaya mekhanika vibriruyemykh betonnykh smesey / B.V. Gusev , V.A. Fayvusovich. – M.: ООО «Literatura – 2000», 2002. – 252 s.

4. Kunnos G.Ya. Vibratsionnaya tekhnologiya betona / G.Ya. Kunnos – L.: Stroyizdat, 1967. – 163 s.

5. Miklashevskiy Ye.P. Glubinnoye vibrirovaniye betonnoy smesi / Ye. P. Miklashevskiy. – M.: Stroyizdat, 1981. – 176 s.

6. Mikhaylov I.V. Osnovnyye printsipy novoy tekhnologii betona i zhelezobetona / I.V. Mikhaylov. – M.: Gosstroyizdat, 1961. – 53 s.

7. Ovchinnikov P. F. Vibroreologiya / P. F. Ovchinnikov; otv. red. Kruglitskiy. - Kiyev : Naukova dumka, 1983. - 271 s.

8. Sivko V.I. Osnovy mehaniki vibriruyemoy betonnoy smesi/V.I. Sivko - K.: Vishcha Shkola, 1987.- 168 s.

9. Bauman V.A. Vibratsionnyye mashiny i protsessy v stroitelstve / V.A. Bauman, I.I. Bykhovskiy. – M.: Vysshaya shkola, 1977. – 326 s.

10. Blekhman, I.I. Vibratsionnaya mekhanika / I.I. Blekhman. – M: Fizmatlit, 1994. – 400 s.

11. Borshchevskiy A.A., Ilin A.S. Mekhanicheskoye oborudovaniye dlya proizvodstva stroitelnykh materialov i izdeliy / A.A. Borshchevskiy , A.S. Ilin. – M.: Vyssh. shk., 1987. – 368 s

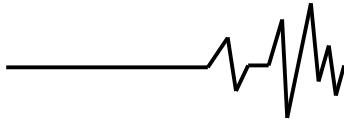
12. Itkin A.F. Vibratsionnyye mashiny dlya formovaniya betonnykh izdeliy. Monografiya / A.F. Itkin K.: «MP Lesya», 2009. – 152 s.

13. Kryukov B.I. Dinamika vibratsionnykh mashin rezonansnogo tipa. / B.I. Kryukov. – K.: Naukova dumka, – 1973. – 112 s.

14. Lanets O.S. Visokoyefektivni mizhrezonansni vibratsiyni mashini z yelectromagnitnim privodom (Teoretichni osnovi ta praktika stvorenniya): Monografiya. – Lviv: Vidavnitstvo Natsionalnogo universitetu «Lvivska politekhnika», 2008. – 324 s.

15. Loveykin V.S. Raschety optimalnykh rezhimov dvizheniya mekhanizmov stroitelnykh mashin / V.S. Loveykin. – K.: UMK VO, 1990. – 168s.

16. Lyalinov A.N. Novyye vibratsionnyye mashiny dlya uplotneniya betonnykh smesey / A.N. Lyalinov.– L.: Leningradskiy DNTP.– 1970. – 95 s.



17. Maslov A.G. Vibratsionnyye mashiny i protsessy v dorozhnom stroitelstve / A.G. Maslov, V.M. Ponomar. – K.: Budivelnik, 1985.–128 s.

18. Nazarenko I.I. Mashini i ustatkuvannya pidpriemstv budivelnikh materialiv / I.I. Nazarenko, O.V. Tumanska // Konstruktsiï ta osnovi yekspluatatsiï: Pidruchnik. – K.: Vishcha shk., 2004. – 590 s.

19. Nesterenko M. P. Doslidzhennya robochogo rezhimu vibroploshchadki z vimushenimi krutilnimi kolivanniyami pri formuvanni rebriktiv plit pokrittiv i plit perekrittiv / M. P. Nesterenko // Zbirnik naukovikh prats (galuzeve mashinobuduvannya, budivnitstvo) – №1(31). – Poltava: PNTU. 2012. – S. – 163.

20. Olekhovich K.A. Potrebiteliyskiye kachestva sovremennykh vibroploshchadok / K. A. Olekhovich, Yu. I. Vinogradov, N. P. Nesterenko // Stroitelnyye i dorozhnyye mashiny. – 1991.– №8.– S.14 – 16.

21. Chubuk Yu.F. Vibratsionnyye mashiny dlya uplotneniya betonnykh smesey / Yu.F. Chubuk, I.I. Nazarenko, V.N. Garnets // – K.: Vyshcha shk., 1986. – 168 s.

22. Yakovenko V.B. Elementy prikladnoy teorii vibratsionnykh sistem - K.: Naukova dumka, 1992.- 219 s.

23. Nazarenko I.I. Prikladni zadachi teorii vibratsionnykh sistem: Navchalniy posibnik. – K.: Slovo, 2010. – 440s.

24. Nazarenko I.I. Osnovi teorii rukhu zemleriyvnykh i ushchilnyuvalnykh mashin budindustriï z kerovanimi u chasi optimalnimi parametrami / I.I. Nazarenko, V.M. Smirnov, L.Є.

Pelevin ta in. // Monografiya. - Za zag. red. I.I. Nazarenka. – K. : «MP Lesya», 2013. – 188 s.

СТАБИЛИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ВИБРОПЛОЩАДКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

***Аннотация.** Рассмотрены возможные способы управления работой виброплощадки. Осуществлена оценка изменения фазовых углов от жесткости ограничителя колебаний рабочей рамы виброплощадки. Определены научные предпосылки для разработки конструктивной схемы виброплощадки, режим эффективной работы которой представляется около резонансным.*

***Ключевые слова:** бетонная смесь, резонанс, уплотнения, вибрация.*

STABILIZATION OF VIBRATION TABLE OPERATING CONDITIONS FOR MAKING UP SMALL-SIZED PRODUCTS

***Annotation.** The possible ways of vibration table mode managing were reviewed. There were estimated phase angle changes depending on the hardness of the working frame limiter fluctuations of vibration table. It was defined scientific precondition for development of constructive scheme of vibration table, which effective mode seems nearly resonance.*

***Key words:** concrete mix, resonance, seals, vibration.*