

Аналіз робочого процесу ущільнення бетонної суміші ударно вібраційною дією

Іван Назаренко, проф., д-р. техн. наук¹ (ORCID: 0000-0002-1888-3687),

Дмитро Голешко, студент¹ (ORCID: 0009-0000-1460-1235)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНОТАЦІЯ

Ущільнення бетонної суміші являється важливою технологічною операцією в процесах виготовлення бетонних і залізобетонних виробів. В практиці використовуються без вібраційні та вібраційні методи ущільнення бетонної суміші. Найбільше застосовуються вібраційні методи, завдяки більш ефективним у порівнянні із без вібраційними внаслідок більш ефективного видалення з неї зайвого повітря та забезпечення щільного прилягання заповнювачів одне до одного. В роботі досліджується робочий процес ущільнення бетонної суміші ударно вібраційною дією, оскільки за цим методом поєднується вібрація і удар. В такому випадку внаслідок асиметрії зовнішнього руху відбувається більш інтенсивніше переміщення частинки суміші, прискорюється процес ущільнення та швидше досягається необхідна щільність бетону.

Ключові слова: ударно вібраційна дія, бетонна суміш, ущільнення, режими, параметри.

1. ВСТУП

На сучасному стані застосування будівельної техніки важливою вимогою є зменшення енергетичних витрат на протікання технологічного процесу [1]. При цьому потребується підвищення продуктивності, забезпечення високої якості готового виробу [2]. Ущільнення бетонної суміші являється важливою технологічною операцією в процесах виготовлення бетонних і залізобетонних виробів [3]. В практиці використовуються без вібраційні та вібраційні методи ущільнення бетонної суміші [4]. Найбільш ефективним є ущільнення бетонної суміші ударно вібраційною дією, оскільки за цим методом поєднується вібрація і удар [5]. В такому випадку внаслідок асиметрії зовнішнього руху відбувається більш інтенсивніше переміщення частинки суміші, прискорюється процес ущільнення та швидше досягається необхідна щільність бетону [6]. Проте при визначенні режимів і параметрів виникає задача здійснення аналізу робочого процесу ущільнення бетонної суміші ударно вібраційною дією [7]. Здійснення аналізу та визначення режимів і параметрів ударно вібраційної дії є актуальною задачею і є предметом даних досліджень [8].

2. МЕТА РОБОТИ

Здійснити аналіз та визначити режими і параметри ударно вібраційної дії в процесах ущільнення бетонної суміші.

3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Вібраційно-ударні машини засновані на використанні ефекту удару, який виникає в результаті обмеження руху маси m вниз (рис. 1,а), за умови, що це переміщення більше ніж зазор δ , передбачений між масою і пружиною (обмежником).[9]. Характеристика пружних сил такої системи має злом (рис. 1, б) на ділянці контакту і, як результат, маса в своєму русі різко гальмується і її рух в першому наближенні має вид, показаний на рис. 1, в. Період коливаний T буде складатися з двох частин – відривний рух маси на часі t_v і рух в контакті t_k .

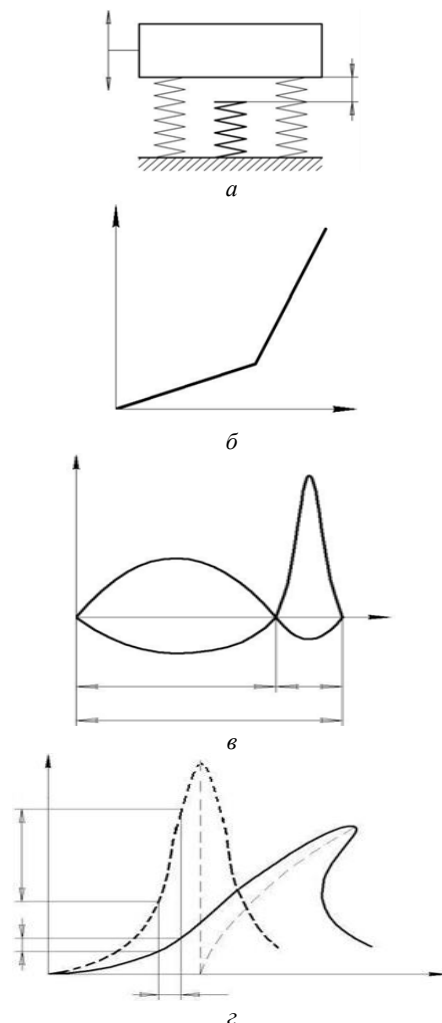


Рисунок 1. Віброударна система: а – схема; б – характеристика пружних сил; в – залежність переміщення і прискорення за період коливаний; г – амплітудно-частотна характеристика

Оскільки коефіцієнт жорсткості віброізолюючих опор: $c > c_0$ (зазвичай $c/c_0 \approx 7 \cdot 10$), то і напіврозмахи

коливань будуть суттєво відрізнятися між собою: $x_a < x_k$. Відповідно і прискорення, як другі похідні від переміщення, будуть мати суттєву відмінність між собою $a_k > a_a$ (зазвичай $a_k/a_a=3\dots5$, див. рис. 1, в). Ця асиметрія прискорень і є головним критерієм ефективності застосування віброударних режимів в машинах для ущільнення будівельних сумішей, так як виникаючі значні зусилля в момент удару співпадають з силами ваги оброблюваного середовища, що і приводить до допоміжних сил стискання, а значить і ущільнення суміші [10].

Друга особливість таких систем полягає в тому, що їх амплітудно-частотна залежність (рис. 1, з) має пологоу характеристику в дорезонансній зоні і внаслідок цього є менш чутливою до можливих зовнішніх змін параметрів на відміну від лінійних систем (на рис 1, з показана пунктиром). Така стабільність робочого режиму є передумовою для широкого використання вібраційно-ударних машин на практиці. Як було вище встановлено, віброударна система з обмежником коливань (див. рис. 1, а) має два рухи: відірваний і безвідірвний.

При $t < t_b$ (див. рис. 1, в) рівняння руху:

$$m\ddot{x} = F(t), \quad (1)$$

при $t > t_b$ рівняння руху:

$$m\ddot{x} + (c_0 + c)x = F(t), \quad (2)$$

при малості $c_0 \approx 0$ (за умовою віброізоляції маси) m від фундаменту напіврозмах на цьому етапі руху:

$$x_0 \leq \delta, \quad (3)$$

де x_0 – амплітуда змушених коливань маси m у сталому режимі без відриву від обмежника; δ – статична деформація обмежника під дією сили ваги: $\delta = F_{ct}/c$; c – жорсткість обмежника. При розгляді безвідірвного режиму (див. рис. 1, а, при $\Delta = x_0$) ми маємо систему з одним ступенем вільності, амплітуда коливань якої має такий вигляд:

$$x_0 = \frac{F_0}{c - m\omega^2}, \quad (4)$$

або з урахуванням, що $c = m\omega_0^2$:

$$x_0 = \frac{F_0}{m\omega^2} \left(\frac{1}{\frac{c}{m\omega^2} - 1} \right), \quad (5)$$

Тоді умову (3) з урахуванням, що $\delta = F_{ct}/c$, а $c = m\omega_0^2$ можна записати у вигляді:

$$\frac{F_{cm}}{F_0} \geq \frac{\xi^2}{\xi^2 - 1}, \quad (6)$$

де

$$\xi = \sqrt{\frac{c}{m\omega^2}}, \quad (7)$$

Параметр ξ визначає співвідношення власної частоти $\omega_0^2 = c/m$ системи при знаходженні маси в контакті з пружиною до частоти змушених коливань ω^2 . Отже, при заданій масі вібраційної машини m параметрами, що підлягають визначенню, є жорсткість пружних елементів c і статичний момент маси дебалансів $m_0\omega_0$, оскільки частота змушених коливань ω , як правило, задається технологією.

При цьому треба зважати на ті обставини, що крім пошуку параметрів ξ і $f(f = F_{ct}/F_0)$ необхідно знати і час τ , на контакт маси з пружиною. Очевидно, він становить певну частку всього періоду коливань.

Таким чином, параметри ξ , f і τ визначають режим роботи, який реалізується за умовою (3). Отримані залежності можна використати при проектуванні вібраційних машин для інших процесів [3,4].

4. ВИСНОВКИ

1. Стабільність робочого режиму є передумовою для широкого використання вібраційно-ударних машин на практиці для ущільнення бетонної суміші.
2. Асиметрія прискорень ($a_k/a_a=3\dots5$) є головним критерієм ефективності застосування віброударних режимів в машинах для ущільнення будівельних сумішей. Обумовлено це тим, виникаючі значні зусилля в момент удару співпадають з силами ваги оброблюваного середовища, що і приводить до допоміжних сил стискання, а значить і ущільнення суміші.
3. Отримані залежності (4) - (7) дають можливість розраховувати амплітуду коливань, силу, та необхідний режим роботи віброударної машини.

Список літератури

- [1] Назаренко І. І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: Навчальний посібник (2-е видання). Київ : КНУБА, 2007. 252 с.
- [2] Назаренко І. І. Машини для виробництва будівельних матеріалів. Підручник. Київ : КНУБА, 1999. 488 с.
- [3] Назаренко І. І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії : Навчальний посібник. Київ : КНУБА, 2007. 230 с.
- [4] Rao S. S. Mechanical vibrations. – 6th ed. – Pearson Education, 2018. 1152 с.
- [5] Kelly S. G. Mechanical Vibrations: Theory and Applications. 2nd ed. Pearson Education, 2018. 910 с.
- [6] Hagedorn P., DasGupta A. Vibrations and Waves in Continuous Mechanical Systems. Wiley, 2007. 400 с.
- [7] Paz M. Leigh W. Structural Dynamics : Theory and Computation. 6th ed. Springer, 2019. 634 с.
- [8] Harris C. M., Piersol A. G. Harris' Shock and Vibration Handbook. 6th ed. New York : McGraw-Hill, 2010. 1500 p.
- [9] Blevins R. D. Formulas for Natural Frequency and Mode Shape. 2nd ed. Malabar : Krieger, 2015. 480 p.
- [10] Randall, R. B. Vibration-based Condition Monitoring: Industrial, Aerospace and Automotive Applications. Chichester : Wiley, 2011. 496 p.