

В.І. Заїченко, П.А. Білим

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна*

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВІБРОАКУСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРМУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

*Шум один із шкідливих факторів виробничого середовища. Найбільшу інтенсивність віброакустичного коливання створює обладнання з поверхнями великих розмірів. До них відноситься і вібраційне формувальне обладнання, яке при ущільненні бетонної суміші випромінює рівні звуку на 10 – 20 дБ А вище нормативних значень. Авторами запропонований алгоритм розрахунку очікуваних рівнів звуку обшивки піддону форми у ближньому полі прямого звуку та її гармонік з урахуванням приєднаної маси. Отримані результати дозволять визначити дійсні частоти власних коливань форми з бетоном і приймати її жорсткість при конструюванні такою, щоб уникати резонансних явищ, тим самим знизити рівні звуку.*

**Ключові слова:** звук, вібрація, частота, віброплощадка, звукова потужність, звукопоглинання, жорсткість конструкції.

### Постановка проблеми

Незважаючи на те, що за останні роки об'єм збірного залізобетону в індустріальному будівництві постійно зменшуються, але потужність технологічного обладнання все ж таки збільшується. Це пояснюється тим, що більшість заводів залізобетонних конструкцій втратили своє призначення, а ті що залишилися повинні компенсувати недостатність виробів інтенсивністю виробництва. Це, в свою чергу, приводить до інтенсифікації різного роду коливальних процесів й супутніх їм шумів. При цьому, рівні звуку на робочих місцях формувальників досягають величин, які набагато перевищують гігієнічні нормативи [1].

Інтенсивні шуми, діючи на кору головного мозку, чинять дратуючу дію, прискорюють процес втоми, послабляють увагу і сповільнюють психічні реакції. По цим причинам підвищені шуми в умовах інтенсивного виконання технологічних операцій сприяють виникненню аварійних ситуацій, травматизму і професійному захворюванні [3,4]. Таким чином, дослідження віброакустичних процесів при виготовленні залізобетонних виробів з метою створення механізму поліпшення умов праці формувальників є і залишається завданням першочергового плану.

Найбільш розповсюдженим вібраційним формувальним обладнанням є віброплощадки з вертикально спрямованими коливаннями з електромагнітним або з пневматичним кріпленням форми. Навіть при справних механізмах кріплення форми на робочих місцях таких віброплощадок рівні звуку досягають 105 – 110 дБА при нормі 80 дБА. Звукова вібрація металевих конструкцій і, в першу

чергу, металевих форм є однією з головних причин підвищених шумів по всьому спектру діапазону частот, що нормуються [6].

Якщо шуми, які генерують підшипники вібраторів, привід, дебаланси і карданні вали, в якійсь мірі можна ізолювати за допомогою акустичних кожухів та укриття [3,4], то звукову енергію форми з бетонною сумішшю подавити традиційними методами значно складніше або практично неможливо.

Створення безпечних умов праці – це невід'ємна частина соціально-економічного розвитку держави, складова державної політики, національної безпеки та державного будівництва, одна з найважливіших функцій органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад, підприємств. Умови праці – це показник соціального і технічного розвитку будь-якої країни. Наявність шуму та вібрації на робочих місцях значно погіршує умови праці на підприємствах будь-якої галузі.

Тому створення сприятливих умов праці, забезпечення оптимального віброакустичного режиму є актуальною проблемою, так як її рішення, з одного боку, забезпечать запобігання травматизму і професійної захворюваності, а з іншого – дають можливість отримати додаткові резерви для збільшення продуктивності і якості праці, що в кінцевому рахунку повністю виправдає матеріальні витрати, пов'язані з досягненням цієї мети.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблемам шуму в формувальних цехах заводів ЗБВ присвячено, на жаль, обмежена кількість праць. За останні десятиріччя увага приділялась

створенню малошумного віброформувального обладнання [3,4,6], новим без вібраційним технологіям та ін.

На підставі вивчення робіт Сафонова В. В., Богданова Ю. В., Заборова В.И., Самойлюка Є. П., Горенштейна І. В. та ін. можна стверджувати, що одним з основних шкідливих виробничих факторів, який представляє найбільшу небезпеку для здоров'я всіх робітників формувальних цехів, є шум [10]. Наукові праці Прудовського М. Є., Єлізарова Ю. М., Євдокімова В. А., Ржевкіна С. Н., Анциферова М. С., Нестерова В. С. присвячені створенню різних засобів і заходів з поліпшення шумового режиму у виробничих приміщеннях по усьому спектру нормованих частот. Цими питаннями займалися вчені інших країн: в США - У. Мак Нейр, в Англії - Е. Пэрис, в Данії - Ф. Ингерслев.

Якщо інші шкідливі фактори, які мають місце у формувальних цехах, можна усунути шляхом профілактичних заходів й нескладних технічних рішень, то такий чинник як шум є слідством технологічних процесів по виробництву збірного залізобетону, де формування виробів пов'язано з використанням вібраційної техніки [7,8].

### Формулювання мети статті

Для проектування тих чи інших заходів з поліпшення шумової обстановки у формувальних цехах необхідні, перш за все, дані очікуваних рівнів шуму на робочих місцях. Методики розрахунків звукових характеристик [2,3], які рекомендуються базуються на результатах, отриманих шляхом натурних вимірів. Тому проектувальникам, в кращому випадку, приходится використовувати дані вимірів рівнів звукової потужності подібного класу механізмів, які можуть змінюватися на 10 – 15 дБА у залежності від характеристик і параметрів вібраційного обладнання. Відсутність припустимих методик розрахунків віброакустичних параметрів формуального обладнання ускладнює на стадії проектування цехів або їх реконструкції проводити оцінку вибраного обладнання з точки зору охорони праці. А це, як правило, приводить до порушень вимог нормативних документів по шуму [1]. Більш того, прийняття заходів для забезпечення вимог санітарних норм в процесі експлуатації збільшує праце ємність, а разом з тим і витрати на шумозахисні заходи у декілька разів у порівнянні з проектними рішеннями.

### Виклад основного матеріалу

Предметом даних досліджень є звукова енергія, яка випромінюється віброплощадками (а точніше металевими формами) при ущільненні бетонних сумішей при виробництві плоских залізобетонних виробів.

Спираючись на праці Горенштейна І. В. [6,7] можна стверджувати, що радикальним шляхом зниження акустичної енергії, яку генерує форма є зниження згинаючих коливань обшивки піддона та інших елементів металоконструкцій. Цей шлях висловлюється в зміні динамічних характеристик системи, тобто частот і форм вільних коливань конструктивних елементів [2,9], в особливості тих з них, які мають найбільшу випромінюючу поверхню. Таким чином, завдання полягає в проведенні так званої «відбудови» власних коливань та їх гармонік.

В результаті теоретичних досліджень були отримані аналітичні залежності, які визначають характер коливального процесу технологічного обладнання (металевих форм). Експериментальна перевірка теоретичних розробок [8] довела їх достовірність і можливість практичного використання в інженерних розрахунках по визначенню очікуваних рівнів звуку.

У зв'язку з цим була розроблена методика, яка дозволить проектним організаціям і заводам з виготовлення збірного залізобетону оцінювати і вибирати більш ефективне використання, з точки зору охорони праці, обладнання.

При розрахунках очікуваних рівнів звуку й звукового тиску та їх оцінки відповідності санітарним нормам [1] рекомендується наступний порядок дій:

1. Визначають амплітуду переміщення опорного контуру металевої форми (піддона) для резонансного режиму роботи віброплощадки.

$$A_{ок} = m \times g / M \quad (1)$$

де  $mg$  – сумарний статичний момент дебалансів, Нм;

$M = G_b + G_f + G_s$  – вся маса, яка коливається (площадка і форма з сумішшю), Н.

2. Визначають частоти власних коливань чарунок обшивки піддона до частоти  $f = 8000$  Гц.

Вихідні дані:

– довжина чарунки обшивки піддона,  $l$ , м;

– товщина обшивки піддона,  $h$ , м.

$$Q_s = 14783 \times S^2 h / l^2 \quad (2)$$

де  $S = 1, 3, 5, \dots$  – номер форми власних коливань.

3. Визначають граничну частоту коливань чарунки обшивки піддона  $f_{гр}$ , Гц.

$$f_{гр} = 12 / h \quad (3)$$

4. Визначають безрозмірний коефіцієнт випромінювання конструкції  $r_s$  при  $f_s \geq f_{гр}$  (при  $f_s \leq f_{гр}$ ,  $r_s = 1$ ).

$$r_s = 1 / (1 - f_{гр} \times f_s)^{1/2} \quad (4)$$

s – частоти власних коливань, при яких  $f_s \geq f_{гр}$ .

5. Визначають рівень звукової потужності чарунки обшивки піддона на частоті збудження  $L_{ps=1}$ , дБ.

Вихідні дані:

- довжина чарунки, l, м;
- ширина чарунки, b, м;
- товщина обшивки чарунки, h, м;
- амплітуда опорного контуру (піддона),  $A_{ок}$ , м;
- власна частота коливань обшивки чарунки піддона,  $Q_{s=1}$ ,  $c^{-1}$ ;
- коефіцієнт впливу бетонної суміші,  $R_6$ .

Розрахункова формула:

$$L_{ps=1} = 142 + 10 \lg(l^5 \times b \times A_{ок}^2 \omega^4) / [S^6 \times R_6^4 \times h^2 \times (1 - \omega^2 / Q_s)^2 + 10 \lg r_s + 55] \quad (5)$$

6. Визначають рівні звукової потужності на середніх частотах октавних полос. Якщо в діапазон полоси попадають декілька гармонік власних коливань, то їх рівні складають згідно формули:

$$L_{pj} = 10 \times \lg(\sum 10^{0.1L_i}) \quad (6)$$

7. Визначають рівні звукового тиску на робочому місці персоналу, який обслуговує віброплощадку у ближньому полі прямого звуку, при цьому враховують характеристику  $\Delta L_A$  на суб'єктивне сприйняття звуку:

$$L_n = L_{pj} + \Delta L_A + 10 \lg \xi \Phi / S + 10 \lg n \quad (7)$$

де  $\Phi = 2\pi$  – просторовий кут випромінювання для обладнання, яке встановлено на нульовій відмітці;

S – площа поверхні правильної геометричної форми, що окружає джерело і проходить через точку спостереження;

$\xi$  – емпіричний коефіцієнт, який враховує неоднорідність випромінювання плоских джерел звуку,  $\xi \approx 3,5$ ;

n – кількість одно типових чарунок у піддоні.

По даним [10] для плоских джерел звуку при  $r \leq l_{min}$ ,  $10 \lg \xi \Phi / S \approx 3$  дБ.

8. Визначають рівень звуку на робочому місці персоналу, який обслуговує віброплощадку у ближньому полі прямого звуку

$$L = 10 \lg \sum 10^{0.1L_n} \quad (8)$$

У випадках, коли піддон складається з декількох типорозмірів чарунок, розрахунок виконується для кожного типорозміру, а потім результати розрахунків (рівні звукового тиску) енергетично складаються.

Таким чином, послідовність виконання вище наведених операцій дає картину ближнього

звукового поля (рівнів звукового тиску  $L_n$ , дБ і рівнів звуку L, дБА) віброформувального обладнання.

## Висновки

Методика розрахунку очікуваних шумових характеристик, яка пропонується, розроблена на базі аналітичних залежностей отриманих в результаті теоретичних досліджень шумоутворення у формувальних цехах. Вона дозволяє вирішувати завдання по зниженню шуму як діючого віброформувального обладнання, так і нових формувальних постів, які заново проектуються, виходячи лише з даних не потребуючих експериментального визначення.

## Література

1. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. 1.12.1999 р. МЗУ.
2. Богданов, Ю. В. Расчет звуковых зон внутри помещений [Текст] / Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов, И. Н. Паращиченко // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2011. – № 6 – 7. – С. 29 – 33.
3. Сафонов, В. В. Состояние и методы борьбы с шумом на заводах сборных железобетонных изделий [Текст] / В. В. Сафонов, Ю. В. Богданов, И. Н. Паращиченко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 99. – С. 80 – 87.
4. Паращиченко, И. Н. Снижение шума виброагрегатов при уплотнении бетонной смеси методом вибродемпфирования [Текст] / И. Н. Паращиченко, Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов, Н. В. Шпирько, А. И. Быковский // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2014. – Вып. 76. – С. 312 – 316.
5. Назаренко, І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем [Текст] / І.І. Назаренко. – К.: Видавничий дім «Слово», 2010. – 440 с
6. Горенштейн, И. В. Снижение шума создаваемого формами при изготовлении ЖБИ. [Текст] / И.В. Горенштейн–М.; Строительные и дорожные машины, 1975, – №7, – с. 12–17.
7. Заборов, В. И. О снижении шума при уплотнении бетонных смесей на виброплощадках [Текст] / В.И. Заборов, И.В. Горенштейн, Д.И. Рудаков // Бетон и железобетон, №12, – с. 24–27.
8. Коржик, Б. М. Послабления звуковой вибрации виброформувального обладнання. [Текст] / Б.М. Коржик, В.І. Заиченко–Сб.: Підвищення ефективності якості міського будівництва. – К. УМК ВО, 1988, с. 109–114.
9. Справочник по динамике сооружений. [Текст] / Под ред. Б. Г. Коренева. – М.: Стройиздат, 1972, 512 с.
10. Борьба с шумом на производстве [Текст]: справочник. Под общ. ред. Е.Я. Юдина. Москва, 1985. - 400 с.

## References

1. SSN 3.3.6.037–99. Sanitary norms of the virum of shumu, ultrasound and infrared sound. 1.12.1999 p. MZU.
2. Bogdanov, Yu.V., Safonov, V.V. Parashchienko, I.N. (2011). Calculation of sound zones inside rooms. *Herald of*

- Pridniprovskoe State Academy of Bu-Dynnic and Architectural*, 6 – 7, 29 - 33.
3. Safonov, V.V., Bogdanov, Yu.V., Parashchienko, I.N. (2011). Status and methods of noise control in precast concrete plants. *Communalization of the state of science: science. -techn. st.*, 99, 80 - 87.
4. Parashchienko, I.N., Bogdanov, Yu.V., Safonov, V.V., Shpirko, N.V., Bykovsky, A.I. (2014). Reducing the noise of vibroaggregates when compacting a concrete mixture by the method of vibro-damping. *Construction, materials science, mechanical engineering*, 76, 312 - 316.
5. Nazarenko, I.I. (2010). Prikladni zadachi teorii vibratsiynyh s-stem. *Vidavnychy dim "Word"*, 440.
6. Gorenstein, I.V. (1975). The reduction of the noise created by forms in the manufacture of concrete goods. *Construction and road machines*, 7, 12–17.
7. Zaborov, V.I., Gorenstein, I.V., Rudakov, D.I. (n.d.). On noise reduction during compaction of concrete mixes on vibroplatforms. *Concrete and reinforced concrete*, 12, 24–27.
8. Korzhik, B. M., Zaichenko, V.I. (1988). Poslablennya sound vibrations of the vibro-movable possession. *Sb. Pidvyschennya efektyvnost akakosti me\_sкого budi-vnitstva. CMD VO*, 109–114.
9. Korenev, B. G. (1972). Handbook of the dynamics of structures. *Stroitzdat*, 512.
10. Yudin, E.Y. (1985). Fighting industrial noise. *A handbook*, 400.

11. Tempest, W. (1976). *Infrasound and Low Frequency Vibration*. Edited by Academic Press., London, New-York, San-Francisco, 364.

12. Fraiman, B., Voronin, A., Fraiman, E. (1993). The alternative mechanism of the infrasound influence on organism. *Noise and Man 6-th Internationale Congress. Nice, France*, 2, 501—504.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Харченко В. Ф., Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

**Автор:** ЗАІЧЕНКО Віктор Іванович  
кандидат технічних наук, доцент  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail –viza50@ukr.net

**Автор:** БІЛИМ Павло Анатолійович  
кандидат технічних наук, доцент  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail –pashha56@ukr.net

## METHOD OF ASSESSMENT OF FORMATIVE EQUIPMENT VIABROACOUSTICAL PARAMETERS

V. I. Zaichenko, P. A. Bilym

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*Noise is one of shkidlivih factors in a vibration middle-aged; yaks cause not only professional apprehension, but also the trauma of virobniitstv. Naybilshu Intensivnist vibroakustichnogo colivannu є possession on the surface of the great rosmiriv. Before them, you should get into a different form for possession, when you have concrete mixes for a sound of 10 - 20 dB, but for standard values.*

*Reducing noise in a new story is the most radical method and the main one. Ties is a method of tackling the zip with the reduced noise characteristics of the voriforming aggregates and those of the technologic possession in that which can be achieved in the design of new types of machines that are mechanically equipped, and the wrists of the wise men who have been drawn by the wise men and women, who have been trained by the wise men and women, and who are the masters of the master, who are the master of the master, and who are the master of the wise men and women who are equipped with the new characteristics of the machines and machines that are equipped by the master, and which are kept by the ladies. The subject of a Danish doslidzhen sound energy, yak viprominyuvatsya vibroploshchadkami (and exactly mealtime forms) at the same time with concrete concrete at virobniitv flat zalizobetonnyh virobiv.*

*The reduction of acoustically en erg, yaks generator form is followed by the construction of the curved cultivation of the pidon sheath and the most important elements of metal constructions. Ties nobles are to be seen in the dynamic characteristics of the system, the frequencies of the frequencies and the common forms of constructive elements, especially in them, they may find their best on the surface.*

*Analyzing what's happening to the shumovibrozhakhistu, showing that we can find out who we can for half the brain of the best of the operators in the form of possession. The authors of the algorithm for rozrahunk ochenkuvikh rivniv sound plating pidonnu form in the near field of direct sound that ii harmonic, yak poligae in the so-called "vidbudovi" sozolnyh colivan that ix harmonic.*

*Otrimani results and allow them to determine the frequency and power of the skin in the frame of the primacy of life at the construction of such resonance, as well as reduce the size of the mobile radio campaign on the issue, for example.*

*The method has been broken down to allow design organizations and factories to win plants to meet the requirements of concrete and vibration and to get more efficiently, from the point of view of their workmanship, possession. Won's permission for virishuvati is caused by the reduced noise of the yak of a modern wedge form, as well as new formulas, which are re-designed, re-designed by the instructor for experimental purposes.*

**Keywords:** sound, vibration, frequency, vibroplane, sound power, sound absorption, stiffness of structures.