

УДК 658.382.3

В. І. Заїченко

Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова, Харків

## ГЕНЕРАЦІЯ ІНФРАЗВУКОВОЇ ЕНЕРГІЇ КОЛИВНИМИ ПОВЕРХНЯМИ З ПРИЄДНАНОЮ МАСОЮ

*Інфразвук один із шкідливих факторів виробничого середовища, який є причиною не тільки професійних захворювань, а й травматизму на виробництві. Найбільшу інтенсивність інфразвукових коливань створюють машини і механізми, які мають поверхні великих розмірів. До них відноситься і віброформувальне обладнання, яке при ущільненні бетонної суміші випромінює рівні інфразвуку на 10–20 дБ вище нормативних значень. В рамках дослідження автором запропонований алгоритм розрахунку частот власних коливань обшивки піддону форми та її гармонік з урахуванням приєднаної маси, тобто бетонної суміші. Отримані результати дозволять визначати дійсні частоти власних коливань форми з бетоном і приймати її жорсткість при конструюванні такою, щоб уникати резонансних явищ, тим самим знизити рівні інфразвуку.*

**Ключові слова:** інфразвук, частота власних коливань, шкідливий вплив, віброформувальні машини, низькочастотні коливання, звукопоглинання, жорсткість конструкцій, бетонна суміш, приєднана маса, диференційне рівняння, балка – полотно, корінь характеристичного рівняння

### Постановка проблеми

Гігієнічна проблема, пов'язана з впливом інфразвуку на організм людини, виникла порівняно недавно – в 70-і роки. Несприятливий вплив інфразвуку на організм людини проявляється, перш за все, в психічних порушеннях, негативний вплив на серцево-судинну, дихальну, ендокринну та інші системи організму, вестибулярний апарат. Специфічною для дії інфразвуку реакцією є порушення рівноваги. Все це є причиною не тільки професійних захворювань, а й травматизму на виробництві.

Інфразвукові шуми сприймаються людиною, головним чином, як фізичне навантаження: виникає стомлення, головний біль, запаморочення. Інфразвук силою понад 150 дБ абсолютно нестерпний людиною; при 180–190 дБ настає смерть унаслідок розриву легневих альвеол.

Шкідливий вплив інфразвуку на організм людини посилюється при збігу частоти інфразвукових коливань з власною частотою того чи іншого органу. Резонансні частоти для людини знаходяться в діапазоні 4 ... 15 Гц. Інфразвук частотою до 10 Гц викликає резонансні явища з боку великих внутрішніх органів – шлунка, печінки, серця, легенів.

Тривала дія інфразвуку 4 ... 10 Гц може викликати, наприклад, хронічний гастрит, коліт, що зберігаються тривалий час після припинення його дії.

При дії на людину підвищених рівнів інфразвуку поряд із зазначеними ознаками спостерігається також утруднення дихання,

пов'язані, мабуть, з вібрацією грудної клітини в резонансному режимі; нудота внаслідок подразнення рецепторів різних органів; розлади терморегуляції, що виражаються у виникненні ознобу і ознобу подібне тремтіння; порушення зорового сприйняття; різноманітні вегетативні реакції, викликані порушенням функціонування гіпоталамуса та ін.

Виробничий інфразвук виникає за рахунок тих же процесів що і шум чутних частот. Найбільшу інтенсивність інфразвукових коливань створюють машини і механізми, які мають поверхні великих розмірів, що роблять низькочастотні механічні коливання (інфразвук механічного походження) чи турбулентні потоки газів і рідин (інфразвук аеродинамічного та гідродинамічного походження).

Майданчики віброформувальних машин можуть бути потужним джерелом низькочастотного звуку. При ущільненні бетонної суміші на вібростолах та віброплощадках були зареєстровані рівні інфразвукового тиску в 110–120 дБ при нормі (ДСН 3.3.6.037–99) 105 дБ [1]. Тут, мабуть, в більший ступені хвильовий рух підпорядковується законам інтерференції і дифракції, що характерно для низькочастотних коливань. Процес накладення декількох звукових хвиль одна на одну в одній фазі приводить до посилення коливань і виникненню стоячих хвиль. Крім того, чим більше довжина хвилі, тим сильніше виявляється явище дифракції. Завдяки цьому інфразвуки легко проникають у приміщення та обминають перешкоди, що затримують чутні звуки.

## Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розвиток техніки і транспортних засобів, вдосконалення технологічних процесів і устаткування супроводжуються збільшенням потужності і габаритів машин, що обумовлює тенденцію підвищення низькочастотних складових у спектрах і поява інфразвуку, що є порівняно новим, не цілком вивченим фактором виробничого середовища.

Кількість праць присвячених боротьбі з інфразвуковими коливаннями в техніці, на жаль, обмежена. Більшість досліджень, пов'язаних з інфразвуком, стосується гігієнічних проблем, тобто вивченню дії на людину підвищених рівнів інфразвуку [2,3].

Але слід відмітити дослідження Ржевкіна С. Н., Анциферова М. С., Нестерова В. С., Малюженця Г. Д. по створенню звукопоглинальних конструкцій в області низьких частот. Цими питаннями займалися вчені інших країн: в США - У. Мак Нейр, в Англії - Е. Пэрис, в Данії - Ф. Ингерслев.

У боротьбі з інфразвуком на шляхах поширення визначений ефект роблять глушители інтерференційного типу, звичайно при наявності дискретних складових у спектрі інфразвуку. Виконане останнім часом теоретичне обґрунтування впливу нелінійних процесів у поглинальниках резонансного типу відкриває реальні шляхи конструювання звукопоглинальних панелей, кожухів, ефективних в області низьких частот. Заслугує на увагу розробка Москльової В. М. інфразвукова поглинальна панель, де застосовано резонансне звукопоглинання.

В якості індивідуальних засобів захисту рекомендується застосування протишумових навушників, вкладишів, що захищають вухо від несприятливої дії супутнього шуму.

До заходів профілактики організаційного плану варто віднести дотримання режиму праці та відпочинку, заборона понаднормових робіт.

Найбільш ефективним і практично єдиним засобом боротьби з інфразвуком є зниження його в джерелі. При виборі конструкцій перевага повинна віддаватися малогабаритним машинам великої жорсткості, так як в конструкціях із плоскими поверхнями великої площі і малої жорсткості створюються умови для генерації інфразвуку. Боротьбу з інфразвуком у джерелі виникнення необхідно вести в напрямку зміни режиму роботи технологічного устаткування – збільшення його швидкодійності (наприклад, збільшення числа робочих ходів віброформувальних машин, щоб основна частота проходження силових імпульсів лежала за межами інфразвукового діапазону).

## Виклад основного матеріалу

Для організації захисту від інфразвуку необхідно використовувати комплексний підхід, який включає конструктивні заходи зниження інфразвуку в джерелі виникнення, а саме:

- усунення низькочастотних вібрацій;
- підвищення жорсткості конструкцій великих розмірів.

- введення в технологічні ланцюжки спеціальних демпфуючих пристроїв малих лінійних розмірів, які перерозподіляють спектральний склад коливань в область більш високих частот.

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

Пружні деформації, які виникають під дією динамічних зусиль в привідних агрегатах віброустановок розповсюджуються у вигляді згинаючих і поздовжніх коливань к зовнішнім поверхням цих агрегатів і далі до металевої опалубки. Рівень інфразвукової потужності залежить від інтенсивності коливань поверхні, яка вібрує, а також від її розмірів та інших особливостей.

Спираючись на праці Горенштейна І. В. 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, в особливості тих з них, які мають найбільшу випромінюючу поверхню. Таким чином, завдання полягає в проведенні так званої «відбудови» власних коливань та їх гармонік.

Вище було сказано, що одним із заходів зниження інфразвукових коливань є підвищення жорсткості конструкцій великих розмірів. Але металева форма має достатню жорсткість і частоти власних коливань, на яких може проявитися резонанс, виходять за межі інфразвукових коливань і складають 40 – 55 Гц. Приймаючи до уваги [2] боротьба з випромінюванням акустичної енергії віброплощадками висловлювалась в тому, щоб не було збігу гармонік збуджуючих коливань з гармоніками власних коливань обшивки форми на середніх і високих частотах чутного діапазону. Якщо приймати до уваги безвіддривний характер взаємодії обшивки піддону і бетонної суміші, то треба розглядати систему цих двох складових. Частота власних коливань цієї системи набагато менше металевої пластини піддону і зміщується в бік інфразвукових коливань. Тому в нашому випадку джерелом низькочастотних акустичних коливань треба вважати коливну систему «металева форма – бетонна суміш». Керуючись [3] вплив бетонної суміші на частоти власних коливань форми залежить від характеру взаємодії суміші з днищем форми і ця приєднана маса враховувалась з коефіцієнтом впливу  $0,2 \div 0,35$ . Такий підхід не дає об'єктивних представлень о руху коливних поверхонь та випромінюваних рівнях акустичної енергії.

Основні особливості розрахункових схем коливних пластин обумовлені тим, що при

розрахунках розглядаються ділянки обшивки в вічках, які утворюються ребрами жорсткості. Крім того, допускається розглядати замість усієї пластини лише балку – полосу одиничної ширини і описати коливання системи «металева опалубка – бетонна суміш».

Диференційне рівняння примусових коливань, викликаних періодичним зміщенням опорного контуру можна записати в наступному вигляді:

$$D(1 - i\chi)(d^4W/dx^4) + \mu(d^2 W / dt^2) = P(x,t), \quad (1),$$

де  $W(x,t)$  – вертикальне переміщення опорного контуру;

$D$  – згинаюча жорсткість балки опорного контуру;

$\mu$  – погонна маса балки опорного контуру;

$P(x,t)$  – сили, які характеризують дію збуджуючих сил і вплив тиску бетонної суміші;

$\chi$  – коефіцієнт розсіву енергії в матеріалі балки опорного контуру.

Рішення рівняння (1) у вигляді ряду по формам власних коливань балки-полотна дозволить визначити амплітуди згинаючих коливань на поверхні обшивки вічок у залежності від частоти власних коливань [4].

Спрощена модель безвідривної взаємодії приєднаної маси бетонної суміші з обшивкою форми розглядає пружні коливання останній як рівномірно розподіленими по її площі силами інерції, які обумовлені коливанням опорного контуру. Рахуємо, що окремі ребра мають більшу жорсткість при малій довжині, тому амплітуда їх коливань приймається такою як і огорожувальна конструкція в цілому. При цьому збуджуюча сила буде визначатися наступним чином:

$$F = F_0 \cdot e^{i\omega t} \quad (2).$$

Зневажаючи зсувним напруженням в бетонній суміші, представимо останню у вигляді пружних стовпчиків, в яких розповсюджуються тільки поздовжні хвилі. При цьому припускаємо:

– щільність по вишині стовпчика однакова;

– значення модулю пружності бетонній суміші і коефіцієнт розсіювання енергії рахувати стабілізованими величинами, осередненими по об'єму;

– процес розглядається в сталому періодичному режимі;

– приймається безвідривний рух двошарової коливної системи, тобто

$$G_d < (Q_{пш} \cdot e^{i\omega t} + P_{зч})/S_{пол}, \quad (3),$$

де  $G_d$  – динамічна напруга в контактній зоні;

$Q_{пш}$  – амплітудне значення сили ваги при коливанні пружно в'язкого шару;

$P_{зч}$  – сила зчеплення полотна з пружно в'язким шаром;

$S_{пол}$  – площа полотна.

Колівний рух стовпчиків бетонної суміші при таких припущеннях записується одномірним хвильовим рівнянням:

$$\partial^2 u / \partial t^2 = c^2 \cdot (\partial^2 u / \partial y^2), \quad (4),$$

де  $t$  – спливаючий час;

$u = u(x,t)$  – зміщення в пружному стовпчику;

$c$  – швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль в пружно в'язкому матеріалі.

Швидкість хвиль ( $c$ ) залежить від пружних та інерційних властивостей вібродемпфуючого матеріалу, які враховуються модулем пружності ( $E_{пш}$ ) і щільністю ( $\rho_{пш}$ ):

$$c = (E_{пш} / \rho_{пш})^{1/2} \quad (5)$$

Виділимо з балки-полотна елемент довжиною  $dx$ . Поперечне зміщення металевого полотна, на якому лежить пружно в'язкий шар демпферу позначимо через  $w = w(x,t)$ . Згідно положенню (1), умови рівноваги елемента балки-полотна, виділеного перетинами  $x$  та  $x + dx$ , на яких лежить пружній шар суміші можна записати таким чином:

$$EI(\partial^4 W / \partial x^4) + \mu_{ст}(\partial^2 W / \partial t^2) + EI\chi(\partial^5 W / \partial t \cdot \partial x^4) = E'_{пш} b (\partial u / \partial y) \Big|_{y=0} \quad (6)$$

де  $E'_{пш}$  – комплексний модуль пружності демпферу, який має погонну масу  $\mu_{пш}$ , вишину  $h_{пш}$  і ширину  $b$ ;

$\mu_{ст}$ ,  $E, I$  – відповідно погонна маса, модуль пружності і момент інерції балки-полотна;

$\chi = \varepsilon/\pi$  – коефіцієнт затухання, не залежний від частоти коливань ( $\varepsilon$  – декремент затухання).

Перший член лівої частини виразу (6) представляє собою силу пружності елемента балки-полотна, другий – силу інерції і третій – силу внутрішнього затухання цього елемента. Права частина цього рівняння представлена силою, з якою бетонна суміш діє на елемент балки – полотна.

Диференційне рівняння (6) доповнимо наступними межовими умов

$$u \Big|_{y=0} = W \quad (7),$$

тобто зміщення на межі суміші і балки рівні;

$$(\partial u / \partial y) \Big|_{y=h_6} = 0 \quad (8),$$

відносна деформація на верхній межі суміші вишиною  $h_6$  дорівнює нулю.

Згідно методу Фур'є, пригідним для досліджень коливань в обмеженому середовищі, знаходимо усталені коливання бетонної суміші і балки – полотна у вигляді:

$$u = u(x, y) e^{i\omega t} \quad (9)$$

$$W = W(x) e^{i\omega t} \quad (10)$$

З урахуванням (9) рівняння (4) запишемо наступним чином :

$$u''_{yy} + u \omega^2 / c^2 = 0 \quad (11),$$

А коливання на межі суміші і балки з урахуванням (10) запишемо наступним чином:

$$-\omega \mu_{ст} W + (1 + i\chi \omega) E I W^{IV} - E'_{пш} b \Big|_{y=0} u_y \Big|_{y=0} = 0 \quad (12)$$

Загальне рішення рівняння (11) буде таким [5]:

$$u = A \sin(\omega / c) y + B \cos(\omega / c) y \quad (13),$$

де  $A$  і  $B$  – довільні постійні.

Диференціювання  $u$  (13) по  $y$  дає наступне:

$$u_y = (\omega / c) [A \cos(\omega / c) y - B \sin(\omega / c) y] \quad (14),$$

задовольняючи межовим умовам (8) маємо:

$$A = B \operatorname{tg}(\omega / c) h_6 \quad (15),$$

Довільна постійна  $B$  знаходиться з рівняння (13), в яке вводимо умови (7):

$$B = W(x). \quad (16)$$

Довільні постійні  $A$  і  $B$  вводимо в рівняння (13) і (14):

$$u = W(x) [ \cos(w/c) y + \operatorname{tg}(w/c) h_6 \sin(w/c) y ], \quad (17)$$

$$u_y = (\omega/c) W(x) [ \operatorname{tg}(\omega/c) h_6 \cos(\omega/c) y - \sin(\omega/c) y ] \quad (18)$$

Вважаємо в (18)  $y = 0$  і підставляємо його в (12), то отримуємо диференційне рівняння для визначення комплексної форми сталих примусових коливань балки – полотна:

$$(1+i\omega\chi)EIW^{IV}-\omega^2\mu_{ct}W-E'_6v(\omega/c)W \operatorname{tg}(\omega/c)h_6=0, \quad (19)$$

вводимо позначення

$$k^4=(\omega^2\mu_{ct}+E'_6v(\omega/c)\operatorname{tg}(\omega/c)h_6)/EI(1+i\chi\omega) \quad (20)$$

і отримуємо рівняння для знаходження зміщення балки – полотна:

$$W^{IV}(x)-k^4W(x)=0. \quad (21)$$

Множник  $k^4$  є характеристичне число в рівняннях коливань призматичних стержнів [4,6], однак у виразі (20) він відрізняється від класичного тим, що параметри балки представлені з урахуванням коефіцієнта внутрішнього тертя і, також, в нього входять характеристики бетонної суміші ( $E'_6, h_6, c$ ).

Якщо урахувати втрати в модулі пружності бетонної суміші у формі  $E'=E'_0(1+i\eta)$  [7], де  $\eta$  – тангенс кута втрат і використовувати формулу (5), то отримуємо:

$$k^4=[\omega^2\mu_{ct}/(1+i\omega\chi)EI][1+\beta(1+i\eta)(\operatorname{tg}\alpha)/\alpha] \quad (22)$$

У виразі (22)  $\beta=\mu_6/\mu_{ct}$ ; ( $\mu_6=\rho h_6 v$ ), а  $\alpha=\omega h_6/c$ .

Після введення позначень вираз (22) прийме наступний вигляд:

$$k^4=[(\omega^2\mu_{ct})/(1+i\omega\chi)EI](L-iM), \quad (23)$$

де:

$$L=1+(\beta/\alpha)[(0,5\eta \operatorname{sh} \alpha\eta + \sin 2\alpha)/(\operatorname{ch} \alpha\eta + \cos 2\alpha)], \quad (24)$$

$$M=(\beta/\alpha)[(\operatorname{sh} \alpha\eta - 0,5\eta \sin 2\alpha)/(\operatorname{ch} \alpha\eta + \cos 2\alpha)], \quad (25)$$

В літературі [4,7,8] достатньо докладно викладені методи рішення рівнянь для згинаючих коливань балки з рівномірно розподіленою масою. Якщо використати метод розкладення рішення по формам власних коливань балки з використанням фундаментальних функцій [6], то вираз для динамічного прогину (амплітуди примусових коливань) можна записати наступним чином:

$$W(\xi)=(F/l^3/\tau_s^4EI)\sum X_s(\xi)\times X_s(\xi_a)\times\gamma_s, \quad (26)$$

де  $F$  – амплітуда гармонічної сили;

$\tau_s=1/(\mu\omega_s^2/EI)^{1/2}$  – корінь характеристичного

рівняння;

$X_s(\xi)$  – балочна функція відповідно  $s$ -й формі власних коливань балки, що розглядається;

$\xi=x/l$  – відносна відстань від лівої опори;

$l$  – прогін балки;

$x$  – відстань від лівої опори до січення, де визначається прогін  $X(\xi)$ ;

$\xi_a=a/l$

$\gamma_s=\alpha_1^4/\alpha_s^4(1-\omega^2/\theta_s^2)$  – коефіцієнт, який характеризує динамічність системи,

де  $\theta=(\tau_s^2/l^2)(EI/\mu)^{1/2}$  – кругова частота власних коливань поперек балки по  $s$  – му тону.

Дослідження методом розкладення рішення (1) [7] по формам власних коливань дає можливість визначення амплітуд зміщення, а також і середньоквадратичні значення швидкостей на поверхні обшивки при різних формах власних коливань.

Однак для того, щоб в нашому випадку, тобто для системи балки – полотна з бетонною сумішшю, рівняння (26) можна було б використовувати,

необхідно корінь характеристичного рівняння  $\tau_s$  привести у відповідності з виразами (21,22) виходячи з цього характеристичне рівняння, з урахуванням впливу бетонної суміші, запишемо наступним чином:

$$\tau_s=k_s l=1/(\omega^2\mu_{ct}/EI)^{1/2}[(L^2+M^2)/(1-\chi^2\omega^2)]^{1/2}\times[\cos(\varphi-\varphi_1)/4+i\sin(\varphi-\varphi_1)/4], \quad (27)$$

тут кути  $\varphi$  і  $\varphi_1$  знаходяться з рівнянь:  $\operatorname{tg} \varphi_1=\chi\omega$ ;  $\operatorname{tg} \varphi=-M/L$ .

Вплив бетонної суміші в цьому виразі позначимо коефіцієнтом  $R_6$ :

$$R_6=(L^2+M^2)^{1/8}\cos(\varphi-\varphi_1)/4. \quad (28)$$

Цей коефіцієнт залежить від модуля пружності, швидкості розповсюдження хвиль і частоти збудження. Таким чином коефіцієнт  $R_6$  містить всі основні характеристики бетонної суміші (приєднаної маси), які необхідні для аналітичного опису взаємодії системи «балка-полотно – бетонна суміш».

## Висновки

Введення коефіцієнту впливу бетонної суміші в класичний вираз (26) допоможе вирішити завдання по визначенню дійсних частот власних коливань та їх гармонік системи «балка-полотно – бетонна суміш», що дасть змогу уникнути резонансу в інфразвуковому діапазоні за рахунок збільшення жорсткості вічок обшивки форми, тобто у відбудові власних коливань та їх гармонік. Це один з радикальних напрямків боротьби з інфразвуком в джерелі його виникнення і впровадження отриманих аналітичних залежностей при конструюванні віброформувального обладнання значно поліпшить умови праці на робочих місцях формувальників.

Подальші дослідження передбачають теоретично обґрунтоване прогнозування потужності інфразвукових хвиль при коливаннях поверхонь з приєднаною масою.

## Література

1. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму,ультразвуку та інфразвуку.
2. А. В. Сокол, Г. И. Сокол. О влиянии низкочастотных акустических колебаний на живые организмы.– Акустичний вісник. Київ: Інститут гідромеханіки НАН України. –2001.
3. Гигиена труда. Под ред. Н. Ф. Измерова, В. Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2010. – 592 с.
4. Горенштейн И. В. Снижение шума создаваемого формами при изготовлении ЖБИ.– М.: Строительные и дорожные машины, 1975, – №7, – С. 12–17.
5. Заборов В. И., Горенштейн И. В., Рудаков Д. И. О снижении шума при уплотнении бетонных смесей на виброплощадках. – Бетон и железобетон, №12,– С. 24–27.
6. Филиппов А. П. Колебания деформируемых систем.–М: Машиностроение, 1970. – 734 с.
7. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики.– М.: Наука, 1966. – 724 с.



8. Бабаков И. М. Теория колебаний. – М.: Наук, – 1968.
9. Коржик Б. М. Заіченко В. І. О. Послаблення звукової вібрації віброформуального обладнання. – Сб.: Підвищення ефективності якості міського будівництва. – К. УМК ВО, 1988. – С. 109–114.
10. Справочник по динамике сооружений. / Под ред. Б. Г. Коренева. – М.: Стройиздат, 1972. – 512 с.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В. І. Торкатюк, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків.

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

## ГЕНЕРАЦИЯ ИНФРАЗВУКОВОЙ ЭНЕРГИИ КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТИ С ПРИСОЕДИНЕННОЙ МАССОЙ

В. И. Заиченко

*Инfrasound один из вредных факторов производственной среды, который является причиной не только профессиональных заболеваний, но и травматизма на производстве. Наибольшую интенсивность инфразвуковых колебаний создают машины и механизмы, имеющие поверхности больших размеров. К ним относятся и виброформовочное оборудование, которое при уплотнении бетонной смеси излучает уровни инфразвука на 10 - 20 дБ выше нормативных значений. В рамках исследования автором предложен алгоритм расчета частот собственных колебаний обшивки поддона формы и ее гармоник с учетом присоединенной массы, то есть бетонной смеси. Полученные результаты позволят определять истинные частоты собственных колебаний формы с бетоном и принимать ее жесткость при конструировании такой, чтобы избежать резонансных явлений, тем самым снизить уровни инфразвука.*

**Ключевые слова:** инфразвук, частота собственных колебаний, вредное воздействие, виброформовочные машины, низкочастотные колебания, звукопоглощение, жесткость конструкций, бетонная смесь, присоединенная масса, дифференциальное уравнение, балка - полотно, корень характеристического уравнения

## ENERGY GENERATION INFRASONIC VIBRATING SURFACE WITH ADJOINED MASS

V. I. Zaichenko

*Infrasound is one of the hazards of the working environment, which is the cause not only of occupational diseases, but also in industrial injuries. The greatest intensity of infrasonic vibrations create machinery with large surface. These include the vibrostructural equipment that during compaction of the concrete mix emits levels of infrasound on 10 - 20 dB above the normative values. In the study, the author proposes an algorithm for calculating natural frequencies plating pallet shape and its harmonics with the added mass, ie the concrete mix. The obtained results allow to determine the true natural frequency form with concrete and make its rigidity in the design such as to avoid resonance phenomena, thereby reducing the levels of infrasound.*

**Keywords:** infrasound, natural frequency, adverse effects, vibrostructural machine, low-frequency vibrations, sound absorption, structural rigidity, concrete mix, added mass, differential equation, bar - the canvas, the root of the characteristic equation