

## УДК 69.002.5

## Огляд і аналіз існуючих режимів ущільнення бетонних сумішей

Ручинський М.М., Свідерський А.Т., Дьяченко О.С.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

**Анотація.** Однією із основних операцій при виробництві плоских залізобетонних плит і перекриттів є процес ущільнення бетонної суміші на вібраційних майданчиках. Саме від цієї операції залежить міцність і вологостійкість готових виробів. Існуючі конструкції вібромайданчиків і режими коливань, які вони реалізують, не завжди забезпечують дотримання необхідних умов і параметрів ущільнення бетонних сумішей. Проведено огляд існуючих режимів ущільнення бетонних сумішей. Проаналізовано їх основні переваги і недоліки. Визначено що одним із напрямків підвищення ефективності, зменшення енергоємності процесу ущільнення є реалізація багато-частотного режиму і просторові коливання робочого органу. Обрано конструкцію установки для об'ємного ущільнення з навісними віброзбудниками коливань. Конструкція має на меті покращити розподілення амплітуд коливань по площі формуютьоючої поверхні і, як наслідок, підвищити ефективність і якість ущільнення, зменшити витрати на одиницю виготовленої продукції, а також підвищити надійність конструкції.

**Ключові слова:** вібраційна установка; навісні віброзбудники коливань; ущільнення; змінні режими коливань; формуютьоюча поверхня

Широке застосування в будівництві належить плоских плитам, що виробляються на заводах залізобетонних конструкцій. При цьому однією із основних операцій при виробництві таких і інших конструкцій є процес об'ємного вібраційного ущільнення.

Від процесу ущільнення залежить вилучення повітря і зайвої рідини з бетонної суміші, що в кінцевому випадку впливає на міцність і якість виробу[1]. Тому до вібраційних майданчиків(площадок), які при цьому використовують пред'являють високі вимоги, такі як: забезпечення високої ефективності ущільнення, простота конструкції і висока надійність, відносна невелика металосміність і низька енергоємність. Вони мають забезпечувати ущільнення із малорухомих, жорстких цементобетонних сумішей, що сприяє скороченню витрати високо коштовного цементу, термінів термовологісної обробки і підвищення міцності виробу.

В роботі [2] використовуючи за основу дослідження фізичної природи вібраційної дії на бетонну суміш моделі Бінгама і Кулона прийшли до наступних висновків. Зміна частоти і амплітуди коливань по різному впливає на опір зсуву(ущільнення) і залежить від реологічних властивостей суміші: чим вона жорсткіше, тим вища має бути частота коливань і менш ефективне збільшення амплітуди коливань. При цьому ефективність вібрації підвищується з ростом коефіцієнта затухання.

З точки зору вибору моделі бетонної суміші як середовища існує два підходи. Одні вважають що бетонна суміш є суцільним неперервним середовищем і ущільнення проходить під впливом її власної маси. Інші – матеріалом, що складається з дискретних частин, при цьому частоту вимушених коливань підбирають з врахуванням введення в резонансний режим зерен наповнювача різної крупності [3].

На основі представлених теоретичних поглядів виділилися різні точки зору на режими і параметри ущільнення бетонних сумішей. Згідно положень роботи [4], параметри вібрації пропонується назначати так, щоб досягти компактного упакування дрібних часток. В роботі [5] інша думка, яка зводиться до того, що в основному необхідно створити умови для переміщення великих зерен заповнювача, так як для більш дрібних цей режим вібрування слугуватиме вторинним джерелом коливань, що сприятиме більш щільній їх упакувці в бетонній суміші. Згідно результатів досліджень [6], ущільнення бетонної суміші має починатися з великого наповнювача, а потім, шляхом зміни частоти і амплітуди потрібно укладати дрібні фракції, які при відповідних переміщеннях будуть

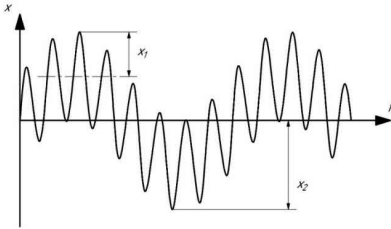
розташовуватись в проміжках між більш великими зернами, що дозволить досягти максимального ущільнення.

В роботі [3] заявлено, що найбільш ефективним виходом є застосування двох-частотної вібрації. Це одночасне накладання різних частот (полічастотне вібрування), при якому всі зерна твердої фази (включаючи частинки цементу) можуть одночасно компактно розташовуватись в бетонній суміші [3,7]. Досягається шляхом використання спеціальних кінематичних та відцентрових інерційних вібраторів, з одночасним накладанням різних частот коливань на систему (рис.1).

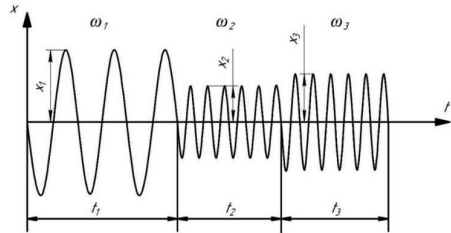
Метою цього способу ущільнення є отримання потрібної пористості і щільності виробу за допомогою одночасного вібрування як дрібних так і великих наповнювачів.

Серед недоліків можна відмітити складність конструкцій двохчастотних вібраторів, що може зменшити надійність, а також можливі ефекти виникнення вищих гармонік, що може викликати локальні розущільнення суміші у формі.

Сутність змінного режиму коливань полягає в тому, що дія різних частот  $\omega$  і амплітуд  $x$  коливань на бетонну суміш накладається по чергову на протязі певного часу  $t$  (рис.2).



**Рис.1. Графік амплітуд коливань при двохчастотному режимі коливань**



**Рис.2. Графік амплітуд для різних частот коливань при багаторежимному ущільненні**

Бетонна суміш – це неоднорідна структура, яка складається одночасно з таких наповнювачів як щебінь (5-20 мм), пісок (1-4 мм), цементний гель. Змінний режим вібрування дозволяє досягти ущільнення різних фракцій поетапно, що має покращити однорідність структури, та зменшити пористість готового виробу.

До плюсів даної ідеї можна віднести легкість реалізації, за допомогою встановлення кількох вібраторів, з можливістю регулювання частоти обертання. Встановлення вібраторів з можливістю регулювання характеристик режиму роботи також дозволяє «підлаштовувати» систему під формування виробів з різними розмірами і вагою.

До недоліків можна віднести те, що в наш час недостатньо досліджені впливи амплітуд і частот коливань на рух тих чи інших наповнювачів, тому на різних етапах ущільнення можливий зворотний процес розущільнення бетонної суміші. Тому дані відношення вимагають додаткового підтвердження перш ніж впроваджувати ці рішення на практиці.

В результаті виконаних досліджень, недоліків і переваг існуючих режимів ущільнення, визначено що одним із напрямків підвищення ефективності, зменшення енергоємності процесу ущільнення бетонної суміші є реалізація багато-частотного режиму на віброустановці з просторовими коливаннями робочого органу (рис.3).

Реалізація багато-частотного режиму вібрування і просторових коливань робочого органу в цій установці здійснюється завдяки несиметричному встановленню навісних вібраторів на рамі. Це дозволить отримувати коливання з різними амплітудами і частотами в вертикальному, повздовжньому і поперечному напрямках.

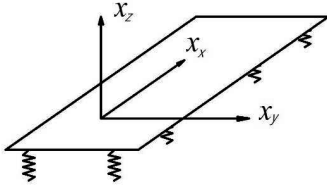


Рис.3. Схема вібраційної установки з просторовими коливаннями

Обрана конструкція установки для об'ємного ущільнення з навісними вібробудівниками коливань має на меті покращити розподілення амплітуд коливань по площі формують поверхні і, як наслідок, підвищити ефективність і якість ущільнення, зменшити витрати на одиницю виготовленої продукції, а також підвищити надійність конструкції.

В наступних роботах планується провести дослідження просторового руху експериментальної установки з багато-частотним режимом коливань. Визначити основні закономірності цього руху.

## Review and analysis of existing modes of concrete mix compaction

Ruchinsky M.; Svidersky A.; Diachenko O.

**Abstract.** One of the main operations in the production of flat reinforced concrete slabs and ceilings is the process of compaction of concrete mix on vibration platforms. It is from this operation that the strength and moisture resistance of the finished products depends. Existing designs of vibration platforms and the modes of vibrations that they implement do not always ensure compliance with the necessary conditions and parameters of concrete mixes compaction. A review of the existing modes of compaction of concrete mixtures were done. Their main advantages and disadvantages are analyzed. It is determined that one of the directions of increasing the efficiency and reducing the energy intensity of the compaction process is the implementation of the multi-frequency mode and spatial oscillations of the working body. The design of the installation for volumetric compaction with mounted vibrators was selected. The design aims to improve the distribution of vibration amplitudes over the area of the forming surface and, as a result, increase the efficiency and quality of compaction, reduce costs per unit of production, and increase the reliability of the structure.

**Key words:** vibration platform; mounted vibrators; compaction; changeable vibration modes; forming surface

## Обзор и анализ существующих режимов уплотнения бетонных смесей

Ручинский Н.Н., Сви́дский А.Т., Дьяченко А.С.

**Аннотация.** Одной из основных операций при производстве плоских железобетонных плит и перекрытий является процесс уплотнения бетонной смеси на вибраторных площадках. Именно от этой операции зависит прочность и влажностойкость готовых изделий. Существующие конструкции виброплощадок и режимы колебаний, которые они реализуют, не всегда обеспечивают соблюдение необходимых условий и параметров уплотнения бетонных смесей. Проведен обзор существующих режимов уплотнения бетонных смесей. Проанализированы их основные преимущества и недостатки. Определено, что одним из направлений повышения эффективности, уменьшения энергоёмкости процесса уплотнения является реализация много-частотного режима и пространственные колебания рабочего органа. Выбрана конструкция установки для объёмного уплотнения с навесными вибровозбудителями колебаний. Конструкция имеет целью улучшить распределения амплитуд колебаний по площади формообразующей поверхности и, как следствие, повысить эффективность и качество уплотнения, уменьшить затраты на единицу произведённой продукции, а также повысить надёжность конструкции.

**Ключевые слова:** вибраторная установка; навесные вибровозбудители колебаний; уплотнение; сменные режимы колебаний; формообразующая поверхность

## Список літератури

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-е видання). – Київ: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.
2. Гиришель Г.Б. О физической природе вибраторного воздействия на уплотняемые смеси /Г.Б. Гиришель// –Сб.: Технология бетона и железобетонных конструкций. – Киев, 1972. – С. 14-19.
3. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
4. Лермит Р. Проблемы технологии бетона: Пер. с фр. / Под ред. и с предисл. А. Е. Десова. Изд. 2-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 296 с.
5. Десов А. Е. Вибрированный бетон. – М.: Госстройиздат, 1956. – 229 с.
6. Овчинников П.Ф. О механизме виброуплотнения строительных смесей /П.Ф. Овчинников, Е.Д. Кузьмин// –Сб. НИИЖБ Госстроя СССР: Структура, прочность и деформации бетонов. – М., 1966.
7. Иткин А.Ф. Вибрационные машины для формирования бетонных изделий. Монография. – Київ: «МП Леся», 2009. – 152 с.