

УДК 622.647.4

В.М. Гарнець, кандидат технічних наук, професор (КНУБА)

О.О. Булавка, аспірант (КНУБА)

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ПРИ ФОРМУВАННІ НА БФА

Стабільна безперервна робота бетоноформуючого агрегату (БФА) і технологічної лінії в цілому значною мірою визначається експлуатаційною надійністю бункерних пристроїв, які є їх невід’ємною частиною. Окрім того, для забезпечення умов повної механізації та автоматизації роботи БФА необхідне точне дозування витратного матеріалу і швидкості подачі необхідної дози, яка б відповідала продуктивності усіх механізмів робочого органу [1,2]. Видача (витікання) бетонної суміші реалізується під дією гравітаційного розвантаження або за допомогою вібраційних збуджувачів [1]. Необхідність використання вібраційного впливу для інтенсифікації процесу витікання суміші обумовлюється її специфічними фізико – механічними властивостями: високою вологістю, великими значеннями коефіцієнтів внутрішнього і зовнішнього тертя, схильністю до налипання та утворення склепінь. Вібраційна обробка, послаблюючи структурні зв’язки і знижуючи в’язкість, сприяє витіканню суміші. В роботі [2] на основі аналізу робіт Л.В. Гячева [3], Г.Б. Гірштеля [4] отримана залежність для визначення швидкості квазіламінарного витікання із щільового бункера (рис.1) граничної сипучої суміші представленої корпускулярно – хвильовою моделлю:

$$v_e = \sqrt{\frac{q_{ef} R_z}{2tg(90 - \delta)}} \cdot th \left[\sqrt{\frac{2tg(90 - \delta)}{R_z}} \cdot t \right], \quad (1)$$

де q_{ef} - ефективне прискорення частинки в масиві суміші під дією вібрації; R_z - гідравлічний радіус вихідного отвору; δ - кут поляризації коливань по вертикалі; t - час. При величині площі вихідного отвору щільового бункера - S_o формула для визначення витрат суміші записується у вигляді:

$$Q = S_o \sqrt{\frac{q_{ef} R_z}{2tg(90 - \delta)}} \cdot th \left(\sqrt{\frac{2tg(90 - \delta) q_{ef}}{R_z}} \cdot t \right) \quad (2)$$

Стабілізація процесу витікання настає за умовою

$$th \left(\sqrt{\frac{2tg(90 - \delta) q_{ef}}{R_z}} \cdot t \right) \approx 1, \quad \text{що}$$

забезпечується при рівності:

$$th \left(\sqrt{\frac{2tg(90 - \delta) q_{ef}}{R_z}} \cdot t_{cm} \right) \approx 2$$

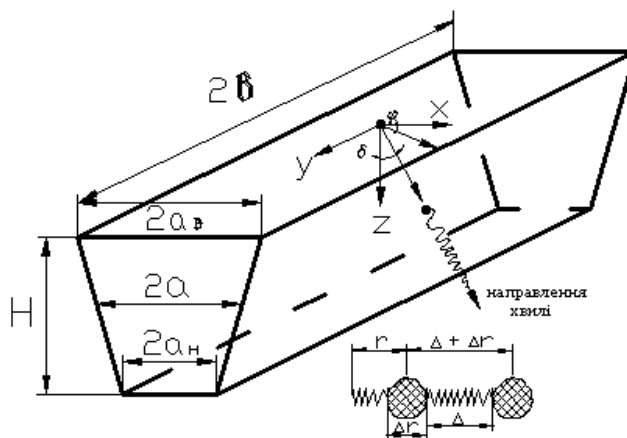


Рис. 1 Розрахункова схема щільового бункера

Звідси час стабілізації процесу:

$$t_{cm} = \sqrt{\frac{2R_z}{tg(90 - \delta) q_{ef}}} \quad (3)$$

Виходячи з цього, вирази для максимального значення швидкості витікання і витрат отримують вигляд:

$$v_{e.n.} = \sqrt{\frac{q_{ef} R_z}{2tg(90 - \delta)}} \cong \sqrt{\frac{q_{ef} R_z}{2ctg \delta}}; \quad (4)$$

$$Q_m = 4a_n v_e \sqrt{\frac{q_{ef} R_z}{2ctg \delta}}; \quad (5)$$

де a_n і v_e - характерні розміри вихідного отвору бункера.

Тобто визначальними факторами для визначення характеристик процесу витікання для даного R_z являється кут поляризації коливань по відношенню до вертикалі та ефективне значення прискорення частинки суміші, величина якого визначена в [2] в залежності від густини суміші, її в’язкості, ефективного коефіцієнту тертя. Для визначення часу, необхідного для витікання

всього об’єму суміші, яка знаходиться в бункері,

порівняєм $Q(t) = -\frac{\partial v}{\partial t}$;

$$\int_0^T Q(t) dt = -\int_{v_0}^0 dV,$$

де T - час витікання всього об’єму V_0 .



Підставляючи вираз (2) для визначення витрат, отримаємо:

$$\int_0^T 4a_n e^{\sqrt{\frac{q_{ef} R_z}{2ctg \delta}} \cdot th \left(\sqrt{\frac{2ctg \delta \cdot q_{ef}}{R_z}} \cdot t \right) dt = V_o$$

Після інтегрування і деяких перетворень отримуємо вираз для розрахунку терміну витікання всього об'єму суміші:

$$T = \sqrt{\frac{R_z}{2Bq_{ef}}} \cdot \left[\frac{2ctg \delta \cdot V_o}{4a_n b R_z} \right] + \ln \left(1 + \sqrt{1 - e^{-\frac{4ctg \delta \cdot V_o}{(4a_n b) R_z}}} \right); \quad (6)$$

Виходячи з (1) і (6) принципово можливо прогнозувати продуктивність бетоноформуючого агрегату, взаємопов'язуючи між собою швидкість витікання зі швидкістю формування. Аналіз виразу в круглих дужках показує, що він є досить малою величиною. Це дозволяє спростити вираз (6) і після спрощення записати повний час витікання всього об'єму суміші, що знаходиться у бункері у вигляді:

$$T \cong \sqrt{\frac{R_z}{2ctg \delta \cdot q_{ef}}} \cdot \left[\frac{2ctg \delta \cdot V_o}{4a_n b R_z} + 0.7 \right]; \quad (7)$$

Взаємодію бункерного і ущільнюючого механізмів робочого органу БФА необхідно розглядати виходячи з двох основних положень. По – перше, для забезпечення динамічної рівноваги в цілому процесу формування необхідно дотримання закону постійності потоку маси. Це означає, що маса суміші щільністю ρ_o , яка витікає через вихідний отвір бункеру площею S_δ із швидкістю v_δ повинна дорівнювати масі суміші щільністю ρ_k , який виходить після ущільнення ковзним віброштампом зі швидкістю v_ϕ . По суті, це є потік відформованого виробу площею $S_{вир}$, тобто:

$$\rho_o \cdot v_\delta \cdot S_\delta = \rho_k \cdot v_\phi \cdot S_{вир}; \quad (8)$$

Для досягнення кінцевої щільності ρ_k , необхідно забезпечити певну довготривалість вібраційної обробки ковзним віброштампом. При цьому профіль штапу та режими коливань повинні визначатись в залежності від властивостей суміші та висоти виробу:

Виходячи з (1) і (8):

$$v_\phi = \frac{\rho_o}{\rho_k} \cdot \frac{S_\delta}{S_{вир}} \sqrt{\frac{q_{ef} R_z}{2tg(90-\delta)}} \cdot th \left(\sqrt{\frac{2tg(90-\delta)q_{ef}}{R_z}} \cdot t \right) \quad (9)$$

Таким чином, при заданому коефіцієнті ущільнення швидкість формування знаходиться у відповідності до v_δ при певному співвідношенні площ вихідного отвору бункера і площ поперечного перерізу виробу.

Оскільки бетонні суміші, що використовуються для виробництва збірного залізобетону при ущільненні проявляють значну в'язкість, схильні до адгезії зі стінками бункеру можливе використання внутрішніх інтенсифікаторів вібраційної дії. При напрямку дії вимушуючої сили, перпендикулярному до вектору швидкості витікання рівняння рівноваги сил, діючих на частинку по аналогії з [2]:

$$mg = \eta_{ef} \left(\frac{\partial j}{\partial t} \right) + \mathcal{F}_{ef}; \quad (10)$$

Ефективний коефіцієнт тертя:

$$f_{ef} = f \left[1 - \frac{\sqrt{r_g} \cdot A \cdot \omega^2 \cdot e^{-\alpha(r-r_g)}}{qK} \left(\frac{1}{\sqrt{r}} - \frac{e^{-\alpha r(\Delta+\Delta r)}}{\sqrt{r+\Delta+\Delta r}} \right) + \frac{c}{fmgK} \right]; \quad (11)$$

Швидкість деформації :

$$\frac{\partial j}{\partial t} = \frac{K\sqrt{r_g} \cdot A \cdot \omega \cdot e^{-\alpha(r-r_g)}}{\Delta \cdot Z'_e} \left\{ \frac{\cos \omega \left(t - \frac{r-r_g}{v} \right)}{\sqrt{r}} - e^{-\alpha(\Delta+\Delta r)} \cdot \frac{\cos \omega \left(t - \frac{r+\Delta+\Delta r+r_g}{v} \right)}{\sqrt{r+\Delta+\Delta r}} \right\}; \quad (12)$$

Використовуючи вирази (11) і (12), можливо визначити швидкість витікання, витрати і час витікання при використанні внутрішніх віброінтенсифікаторів. Для цього необхідно скористатись залежностями, отриманими в роботі [3].

Література.

1. Гарнець В.М. Прогресивні бетоноформуючі агрегати та комплекси. К., «Будівельник», 1991, с.145
2. Гарнець В.М. Дослідження процесу витікання бетонної суміші, представленій корпускулярно – хвильовою моделлю. Зб. ГБДММ, №67 с.34-36
3. Гячев Л.В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах., М., Машиностроение, 1968, с.184
4. Гирштель Г.Б. О физической природе вибрационного воздействия на уплотнения смеси. Сб. Технология бетона и железобетонных конструкций. НИИСК Госстроя УССР. К., Будівельник, 1972г., с.142-148.