

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА СТВОРЕННЯ БЕТОНОФОРМУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ (БФА)

Володимир Гарнець¹, Юрій Човнюк², Стефан Зайченко³, Вадим Шаленко¹, Ярослав Приходько¹

¹Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський пр-кт 31, Київ, Україна, e-mail: vadshal@i.ua

²Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 11, Київ, Україна

³Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут»,
вул. Борщагівська, 115, корпус 22, Київ, Україна

THEORY AND PRACTICAL WORKER OF CREATION BETONOFORMUVALNIKH AGGREGATES (BFA)

Volodymyr Garnec¹, Yuriy Chovnyuk², Stefan Zaychenko³, Vadym Shalenko¹, Yaroslav Prikhodko¹

¹Kyiv National University of Construction and Architecture,
Povitroflotskiy pr-ct 31, Kyiv, Ukraine

²National University of Life Environmental Sciences of Ukraine,
Heroyiv Oborony st., 11, Kyiv, Ukraine

³National Technical University is the «Kyiv polytechnic institute»,
Borschagivska st., 115, build 22, Kyiv, Ukraine

АНОТАЦІЯ. Одним із провідних науково – практичних напрямків роботи кафедри «Машини і обладнання технологічних процесів» і, в подальшому, кафедри «Основ професійного навчання» КНУБА було і залишається дослідження, проектування, розроблення і втілення бетоноформуваельних агрегатів (БФА).

Ключові слова: залізобетон, вібрація, формування, ущільнення, середовище, амплітуда.

АННОТАЦИЯ. Одним из ведущих научно – практических направлений работы кафедры «Машины и оборудование технологических процессов» и, в дальнейшем, кафедры «Основ профессионального обучения» КНУСА было и остаётся исследование, проектирование, разработка и внедрение бетоноформирующих агрегатов (БФА).

Ключевые слова: железобетон, вибрация, формирование, уплотнение, среда, амплитуда.

ABSTRACT. Purpose. One of anchorwomen scientifically – practical work of department of «Machine assignments the equipment of technological processes» and, in future, department of «Bases of professional studies» of KNUBA appeared and remains research, planning, development and embodiment of betonoformuyuchikh aggregates (BFA). **Methodology/approach.** Research of BFA of superficial oscillation or bezvibraciynoy action for the production of flat flags and panels, including – emptiness is actual for today. **Findings.** For perechislenikh machines and their workings organs investigational and exhaust office hours, certain basic parameters and power indexes. **Research limitations/implications.** Analysis of cooperation of mechanisms during work of the combined workings organs and uzgodzhennya between itself basic indexes processu, allows other to walk up to creation of method of calculation of parameters of workings organs of BFA and their office hours. **Originality/value.** As a result of this work it was developed and a few machines are practically incarnate on the enterprises of Ukraine on the production of reinforce-concrete wares.

Key words: reinforced concrete, vibraciya, forming, compression, environment, amplitude.

Отримано 04.06.2013; прийнято 25.06.2013

ВСТУП

У промисловому, цивільному і житловому будівництві у виробництві збірних і монолітних залізобетонних конструкцій широко застосовують ущільнюючі механізми поверхневої дії.

Практично не викликає сумніву напрямок розвитку будівельної індустрії, за якої збірний залізобетон збереже за собою домінуюче положення.

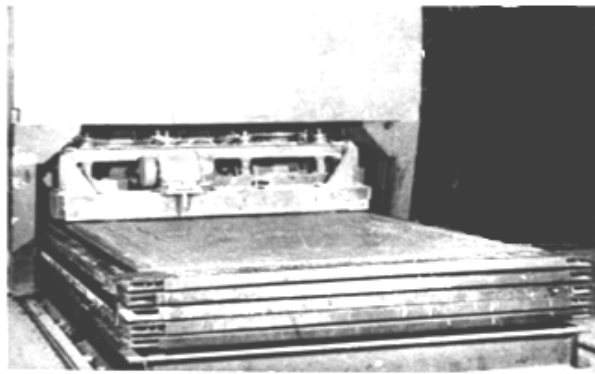
Тому дослідження БФА поверхневої вібраційної або безвібраційної дії для виробництва плоских плит і панелей, у тому числі пустотних, є на сьогодні актуальним.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

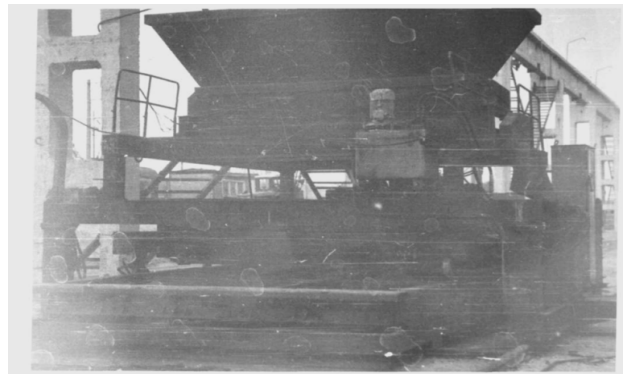
Розроблено і практично втілено декілька машин на підприємствах України з виробництва залізобетонних виробів:

– на Каховському і Новомосковському заводах (разом із інститутами УкрНДІГІМ і Діпродгосп) у технологічних лініях з виробництва плоских плит покриття каналів за вібраційними технологіями, у тому числі при формуванні у пакетах (рис. 1, а, б) [1, 2];

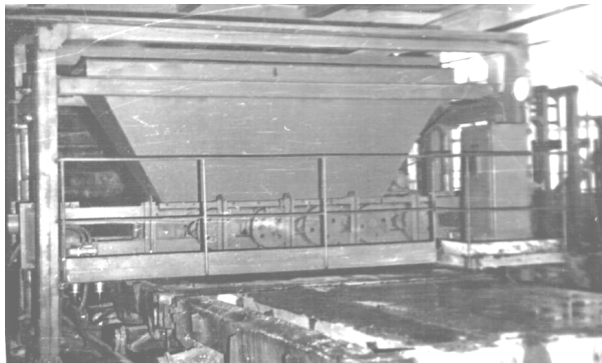
– на Черкаському ДБК (рис. 1, в, г) і Київському комбінатах ЗБВ за безвібраційними методами створено агрегати для



а.



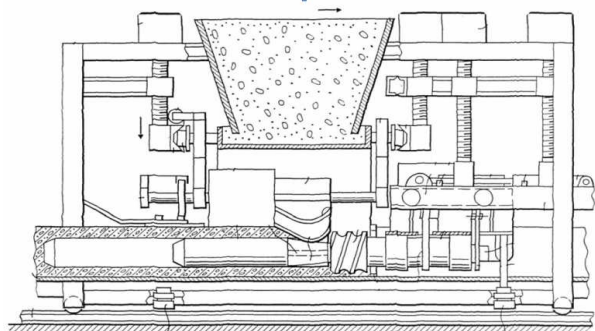
б.



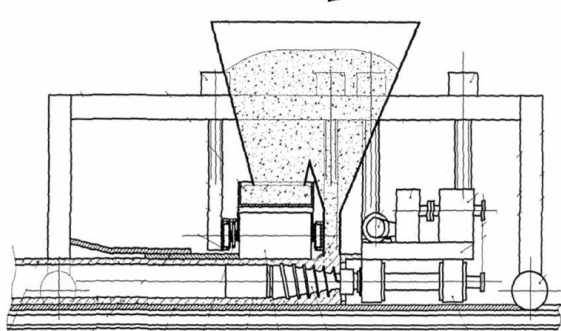
в.



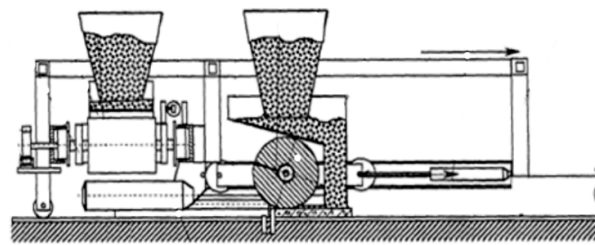
г.



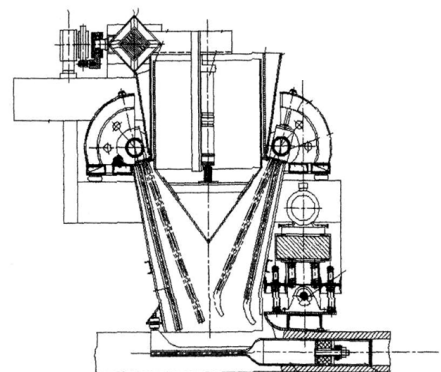
д.



е.



ж.



з.

Рис. 1. Розробки бетоноформувальних агрегатів (КНУБА):

а, б – вібраційні; в, г – роликіві безвібраційні; д, е – роликіві-екструзійні; ж – роликівий БФА пошарової дії;

з – вібраційний агрегат з інтенсифікацією обробки суміші

Fig. 1. Developments of betonofornuvalnikh aggregates (KNUBA):

а, б – oscillation; в, г – rollers are roller bezvibraciyni; д, е – roliko-ekstruziyni; ж – roller BFA of layer action; з – oscillation aggregate with intensification of treatment of mixture

формування плоских трьохшарових панелей і плоских плит [3, 4].

Запропоновано і підтверджено патентами і авторськими свідоцтвами СРСР і України принципово нові технологічні і конструктивні рішення робочих органів:

– удосконалений робочий орган (рис. 1, з) вібраційного БФА з інтенсифікацією оброблення і витікання бетонної суміші [6];

– роликові агрегати пошарової дії (рис. 1, ж) [5];

– ролико-екструзійні бетоноформувальні агрегати (авт. св-во СРСР №4038549.00 і патент України № 75464), які проходять сьогодні теоретичні дослідження і експериментальну перевірку (рис. 1, д, е).

Для перелічених машин та їхніх робочих органів досліджені і відпрацьовані режими роботи, визначені основні параметри та енергетичні показники.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для поверхневих БФА, обладнаними комплексними робочими органами, що забезпечують виконання всіх складових процесу вібраційного формування, визначені силові умови самопересування [7]:

$$F_{R1x} \sin \delta + F_{R2x} \sin \beta + F_T \geq F_x + F_{\text{прст.}} + F_{\text{прбх}} \sin \gamma + F_k, \quad (1)$$

де $F_{R1x} \sin \delta$, $F_{R2x} \sin \beta$ – горизонтальні складові змушуючої сили; F_x – сила опору зсуву бетонної суміші; $F_{\text{прст.}}$ – сила тертя ущільненої бетонної суміші по сталі; $F_{\text{прбх}}$ – горизонтальна складова сили тертя бетону об сталь; F_k – сила опору кочення; F_T – сила тяги вібромашини; β – кут нахилу стінки бункера; δ – кут між складовими силами F_B ; γ – кут між складовими силами $F_{\text{пр.б.}}$.

Отримано вираз для розрахунку амплітуди коливань віброзбудника, який обчислюється за формулою:

$$A_1 = A_0 \eta \sqrt{\frac{(a^2 + b^2) d}{\left[a + \frac{m \omega^2}{|C - M \omega^2|} \right]^2 + b^2}}, \quad (2)$$

де $A_0 = \frac{m_0 r_0}{M}$ – амплітуда коливань маси M у

повітрі; η – коефіцієнт динамічності робочого органа; a, b, d – хвильові коефіцієнти.

У роботі С.В. Зайченко [8] для роликового формування монолітного комбінованого кріплення тунелю визначено умови тривимірного моделювання процесу ущільнення і розраховано контактні тиски в зоні взаємодії робочого органа із середовищем (рис. 2).

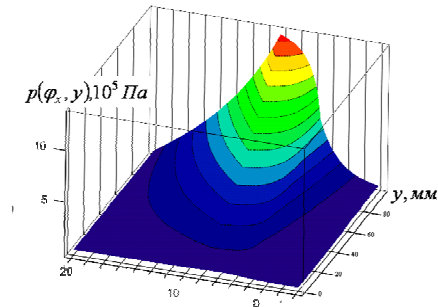


Рис.2. Розподіл нормальних контактних тисків за тривимірного дослідження процесу роликового ущільнення

Fig.2. Distributing of normal contact tiskiv is at three-dimensional research of process of roller compression

Для процесу ролико-екструзійного формування отримані залежності для розрахунку напружень, величина яких визначається з умов контактної взаємодії укочуючих роликів і силових шнеків, тобто:

$$\sigma_p = q_{\text{max}} \left(\frac{R h_0 + x^2}{R h_0 + x_k^2} \right)^{\beta-1} \exp(\tilde{\gamma}), \quad (3)$$

де q_{max} – максимальний тиск, що виникає під роликом; R – радіус ролика; h_0 – товщина виробу; x – координата точки дії нормальних і дотичних складових реакцій ролика; x_k – координата точки дії контактного тиску; β – емпірична характеристика середовища; $\tilde{\gamma}$ – показник ступеня, який залежить від точки прикладання на контакт і умов взаємодії ролика з бетонною сумішшю.

Однією із суттєвих проблем при створенні вібраційних і безвібраційних БФА, яка до цього часу недостатньо вивчена, є проблема рівномірного подавання необхідного шару бетонної суміші певної консистенції із бун-

кера в контактну зону для оброблення робочим органом.

Аналіз конструктивних схем бункерних пристроїв, які використовуються в робочих органах БФА, показує, що за основною ознакою, а саме за профілем поперечного перерізу конструкції бункерів, вони можуть бути представлені у 4-х варіантах виконання: з прямими стінками, такими, що звужуються до низу або розширюються, і комбінованими. Найбільш поширеними являються бункери зі стінками, що звужуються до низу так звані «щільові» за класифікацією [10,11].

Факторами, які впливають на інтенсивність витікання суміші для будь-якого із конструктивних виконань, є фізико-механічні властивості середовища, кути нахилу стінок, наявність та конструкційні особливості і розміщення інтенсифікаторів витікання.

Вихідними даними для розрахунку параметрів бункерних пристроїв слугують жорсткість бетонної суміші, потрібна продуктивність, допустима (з точки зору витікання) ступінь ущільнення суміші у бункері. За цими даними визначаються раціональна геометрія бункера, нормальний і боковий тиск, швидкість витікання і об'ємна витрата з урахуванням використання вібрації (або без неї). За цим мається на увазі, що витікання відбувається рівномірно.

Поняття «рівномірність» витікання, на теперішній час, не має кількісних критеріїв і у виробничих умовах визначається дослідним шляхом. На наш погляд рівномірність витікання може бути визначена як вірогідність виконання заданої витрати через будь-який перетин вихідного отвору бункера, що може бути забезпечено сполученням швидкості витікання за визначеною інтенсивності впливу силового поля (вібраційного або гравітаційного) на оброблюване середовище. Сполучення властивостей середовища, геометричних характеристик, параметрів вібрації дозволить визначити питомі енергозатрати на одиницю маси середовища, що оброблюється.

Роботи по гравітаційному витіканню спрямовані, в основному, на визначення поведінки сипучих незв'язаних матеріалів.

У експериментальних роботах Янсена Г.А., отримано залежності для розрахунку вісьо-

вого і бокового тисків в ємкостях зберігання зерна з урахуванням коефіцієнта зовнішнього тертя. Подальший розвиток ця проблема знайшла в роботах Гут'яра Е.М., Сорокіна Н.В., Зенкова Р.Л., Алферова К.В., Гриневича Г.П., Гячева Л.В. та ін., в яких представлено результати досліджень силових взаємодій і закономірностей витікання сипучих і слабозв'язаних матеріалів із бункерів. Такі умови є характерними також і для безвібраційних роликотних машин, де оброблюються наджорсткі дрібнозернисті суміші вологістю 8...10% [3,5], а їх поведінка моделюється відповідно до закону Кулона – Амонтона:

$$\tau = \sigma tg\varphi + C \quad (4)$$

У роботі [11] подаються рекомендації, які дають змогу визначити характер витікання (нормального або суцільного) залежно від геометрії бункера і коефіцієнта зовнішнього тертя та гідравлічного радіуса вихідного отвору.

Середня швидкість вертикального витікання v_g сипучого матеріалу визначається за формулою:

$$v_g \approx \lambda \sqrt{2gh} \quad (5)$$

де $\lambda \approx 0,2 \div 0,65$ – коефіцієнт витікання, h – висота стовпа матеріалу, g – прискорення вільного падіння.

Залежно від співвідношення величин критичного гідравлічного радіуса $R_{кр}$ і радіуса випускного отвору R_g величини швидкості розраховуються за наступними залежностями:

$$v_g = \lambda \sqrt{2g \left[(1,6 \div 2,1) R_b - (1 \div 3,4) \tau_0 / \gamma f \right]} \quad (6)$$

де τ_0 – початковий опір зсуву; γ – об'ємна вага; f – коефіцієнт внутрішнього тертя.

При зменшенні R_b емпіричні коефіцієнти при R_b і τ_0 – збільшуються.

У роботах Л.В.Гячева вивчається динаміка практично ідеально сипучого тіла в різних ємкостях (бункерах, трубах). Дослідженню підлягали сили, які діють на стінки і дно бункерів, а також закономірності витікання сипучих матеріалів (зерно, гравій, мінеральні добрива, руда і т.п.). Сипуче тіло моделюється сукупністю окремих абсолютно твер-

дих шарових зерен, які мають можливість відносного переміщення. На основі аналізу взаємодії шарів складені диференціальні рівняння руху їх сукупності.

Інтегрування отриманих рівнянь дозволило встановити теоретичні закономірності витікання сипучих матеріалів і розподіл тисків на дно і стінки бункерів.

Враховуючи вплив геометричних характеристик щільового бункера та умов витікання в роботі [10] складено диференційне рівняння вільного руху об'єму:

$$\frac{dq}{dt} + D(x_a, x_b)q^2 = E(x_a, x_b) + F(x_a, x_b, P_a, P_b), \quad (7)$$

де q – витрати суміші в часі t ; x_a, x_b – координати перетинів бункера; P_a, P_b – діючі сили; D, E, F – комплексні геометричні характеристики, які враховують коефіцієнт опору, реактивні сили від рухомого середовища. Оскільки у процесі формування із ущільнюючим механізмом безпосередньо взаємодіє нижній потік суміші (тобто утворюється контактна зона), цікавою є швидкість витікання для нижнього перетину.

Після інтегрування диференційного рівняння при початкових умовах: $t = \infty$, $q = 0$, $v_x = 0$, $v_n = 0$ отримано для сталого режиму вираз для витрат суміші:

$$q = 2lr\sqrt{gr/b}, \quad (8)$$

і швидкість витікання для нижнього перетину:

$$v_n = \sqrt{gr/b}, \quad (9)$$

де: l, r – геометричні характеристики вихідного отвору; $b = \text{tg}\alpha$, α – кут нахилу бокової стінки до вертикалі.

Для умов ущільнення важких сумішей з показником жорсткості від 5 до 30 с (ГОСТ 101.81-81) при моделюванні середовища найбільш часто застосовують реологічну модель Бінгама – Шведова, де враховується в'язкість середовища та швидкість деформації $\frac{dj}{dt}$:

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{dj}{dt}. \quad (10)$$

Дослідженню залежностей витікання бетонних сумішей різної жорсткості під впливом вібрації присвячена робота Годкіна Я.Н. [12], в якій встановлено, що залежно від

умов витікання, віброуюча бетонна суміш може мати як властивості суцільного середовища, так і сипучого матеріалу. При цьому встановлено, що на всіх стадіях процесу формування характерним для бетонної суміші є наявність властивостей в'язкопластичного тіла. Для розрахунку швидкості витікання запропонована залежність:

$$v_g = P \cdot d_{\text{екв}} \cdot C_\phi \cdot \frac{A - A_{\text{кр}}}{(l/L)^3}, \quad (11)$$

де P – тиск, або функція тиску; $d_{\text{екв}}$ – гідралічний радіус вихідного перерізу збільшений в чотири рази; C_ϕ – коефіцієнт пропорційності, який залежить від частоти вібрації і складу суміші; A і $A_{\text{кр}}$ – відповідно, амплітуда коливань і критична (мінімально допустима) амплітуда, яка визначається через критичне прискорення $A_{\text{кр}} = \frac{aq_{\text{кр}}}{\omega^2}$, величина якого коливається в межах $(10,35 \dots 25,64) \text{ м/с}^2$, тобто $\approx (1 \dots 2,5)g$.

За визначеними залежностями для швидкості витікання і в'язкості суміші та даними експериментів побудовано графіки зміни швидкості витікання і в'язкості від амплітуди коливань (рис. 3).

Швидкість витікання, судячи з отриманих даних, з ростом амплітуди в 4...5 разів збільшується в 2...2,5 рази за відповідними зниженнями в'язкості суміші.

Отримані таким чином величини швидкості витікання, знаходяться в достатній відповідності з даними роботи [13].

Ці дані отримано за результатами вимірювань в'язкості за допомогою щільового віскозиметра. Такі рекомендації не дають можливості прогнозувати робочі параметри з урахуванням геометричних особливостей робочих органів та масштабного фактору.

Для уточнення впливу геометрії бункера на швидкість витікання, розширення діапазону критичних амплітуд, частот і прискорень для діапазона суміші які використовуються, на наш погляд, слід залучити більш точні аналітичні рішення, які використовуються для рішення задачі витікання аномально в'язкої рідини з аналізом адекватних реологічних моделей.

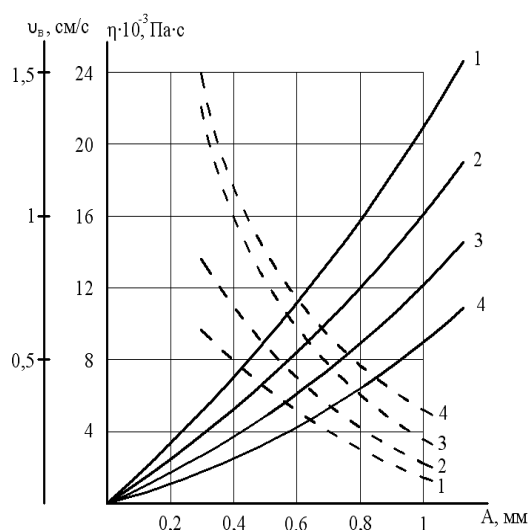


Рис. 3. Порівняння даних отриманих по швидкості витікання і в'язкості від амплітуди коливань (по даним [12])
 — швидкість витікання
 - - - - - в'язкість
 1, 2, 3, 4 – відповідно жорсткість сумішей 20, 40, 60, 80 с (по ГОСТ 101.81 – 81)

Fig.3. Comparisons of information of got for speeds of profluvium and viscosity from amplitude of vibrations (for to information [12])
 — speed of profluvium
 - - - - - viscosity
 1, 2, 3, 4 – accordingly inflexibility of mixtures 20, 40, 60, 80 s (for GOST 101.81 – 81)

Для отримання рівнянь швидкості витікання аномально-в'язких середовищ можливо скористуватись класичним підходом внутрішньої задачі гідродинаміки з урахуванням вібраційного впливу та геометриними особливостями конструкції [14].

Якщо роздивляться потік, що вертикально переміщується під дією різниці тисків по поверхням – Δp , а також коефіцієнта внутрішнього тертя – k і вертикальної складової напруг $\sigma(0, t)$ від дії вібрації, то умови рівноваги матимуть вигляд:

$$\Delta p \pi r^2 - 2 \pi r l \tau_B = 0, \quad (12)$$

де
$$\tau_B = \tau - k \sigma(0, t) \frac{S}{2 \pi r l}. \quad (13)$$

З урахуванням дотичних напруг, які діють на стінках ємкості, після низки перетворень швидкість витікання із щільового бункера визначається за формулою:

$$v_e = \frac{1}{\mu} \left[\frac{(\Delta p + \rho g l) R_r^2}{8 l} + \frac{k \sigma(0, t) S}{4 \pi l} - \frac{\tau_0 R_r}{3} \right] \quad (14)$$

де τ_0 – межа текучості; μ – пластична в'язкість; S – площа вихідного отвору; R_r – гідравлічний радіус серединної площі горизонтального перетину бункера; l – ширина бункера; ρ – густина суміші.

Для сталого режиму витікання:

$$\sigma(0, t) \equiv \sigma, \quad (15)$$

$$\sigma = \rho c^2 A k_d, \quad (16)$$

де A – амплітуда коливань в умовах взаємодії із об'ємом суміші; k_d – коефіцієнт динамічного напруження з урахуванням поляризації силового вектора; c – швидкість розповсюдження хвиль у суміші.

Таким чином, залежно від властивостей бетонної суміші, яка використовується при формуванні ЗБВ безвібраційним або вібраційним методами можливо використовувати залежності для наджорстких сипких сумішей у відповідності до моделі Кулона – Амонтана або для рухомих чи жорстких сумішей згідно з моделлю Бінгама – Шведова.

Складові діючих сил, які прикладено до різних елементів робочого органа, при взаємодії із бетонною сумішшю на різних етапах її оброблення забезпечують протікання суттєво різних процесів: витікання бетонної суміші із бункера за їхнього часткового ущільнення; формоутворення виробу у формі при завершальному його ущільненні. Виходячи з цього слід розглядати ці процеси як окремі із наступним режимно – параметричним їх узгодженням.

Головною ознакою, за якою слід визначати величини швидкості витікання суміші та формування, є забезпечення на кожному етапі необхідних механічних властивостей. Так, на першому етапі в бункері бажано одержати мінімальну в'язкість суміші для ефективного її витікання. За цим щільність суміші змінюється від ρ_0 до ρ_1 . Після укладання шару суміші у форму на завершальному етапі формування щільність досягає максимально можливого значення – ρ_k . Процес реалізується за один прохід.

Для реалізації взаємозв'язку між режимами дії бункера і ковзного штампа необхідно

дотримуватись закону постійності потоку маси. Це означає, що маса суміші щільністю ρ_1 , яка витікає через вихідний отвір бункера площею S_δ в одиницю часу із швидкістю v_b , повинна дорівнювати масі суміші щільністю ρ_k , який виходить після ущільнення ковзним віброштампом зі швидкістю v_ϕ . Отже, це є потік свіжевідформованого виробу площею $S_{вир}$, тобто:

$$\rho_1 \cdot v_b \cdot S_\delta = \rho_k \cdot v_\phi \cdot S_{вир} \quad (17)$$

За аналогією можливе визначення співвідношення швидкостей і при роликівому формуванні. Таким чином, за заданим коефіцієнтом ущільнення швидкість формування знаходиться відповідно до v_b за певним співвідношенням площі вихідного отвору бункера і площі поперечного перерізу виробу

ВИСНОВКИ

Аналіз взаємодії механізмів при роботі комбінованих робочих органів та узгодження між собою основних показників процесу, дозволяє по іншому підійти до створення методики розрахунку параметрів робочих органів БФА та режимів їхньої роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Гарнець В.М.* Прогресивні бетоноформуючі агрегати і комплекси. – К. «Будівельник», 1991, С. 145.
2. *Гарнець В.М.* Перспективні напрямки розвитку обладнання для безперервного формування залізобетонних конструкцій «Техніка будівництва». – К., 2002. – № 13, С. 35 – 43.
3. *Гарнець В.М., Рюшин В.Т.* Аналитическое определение контактного давления при роликівому формуванні. – К. «ГСДМ» №36, 1983, С.58 – 62.
4. *Гарнець В.М., Зайченко С.В.* Визначення опору перекочуванню без вібраційного робочого органу для виробництва пустотних виробів. – К. «ГБДММ» № 53, 1999, С. 49 – 55.
5. *Гарнець В.М., Зайченко С.В.* Пристрій для формування виробів з бетонних сумішей. Деклараційний патент на винахід UA, № 33971 (13)A, Україна, В2813/02, 15.02.2001, Бюлетень № 1, 2001, С. 5.

6. *Гарнець В.М., Шаленко В.О.* Пристрій для укладання і ущільнення бетонних сумішей. Деклараційний патент на корисну модель №79589 від 25.04.2013 бюл.№8, С. 6.
7. *Гарнець В.М., Зайченко С.В., Шаленко В.О., Приходько Я.С.* Розробка науково-практичних рекомендацій по створенню бетоноформуючих агрегатів (БФА). – К., «ГБДММ», №79, 2012, С. 46-52.
8. *Зайченко С.В., Шевчук С.П., Гарнець В.М.* Тривимірне моделювання процесу роликівого ущільнення стовбурного кріплення). – К., «ГБДММ», № 79, 2012, С. 40-45.
9. *Гарнець В.М., Приходько Я.С.* Механізм взаємодії робочих органів при роликівоекструзійному формуванні. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, № 77, 2011, С. 55-59
10. *Гячев Л.В.* Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах. «Машино-строение» – М., 1968, С. 184.
11. *Зенков Р.Л., Гриневич Г.П., Исаев В.С.* Бункерные устройства. «Машиностроение» – М., 1977, С. 222.
12. *Годкин Я.Н.* Повышение эффективности поверхностного и станкового виброформования железобетонных изделий. Автореферат на соискание учёной степени к.т.н. – М., 1981, С. 21.
13. *Потапов А.П.* Исследование факторов влияющих на истечение бетонной смеси из бункеров-питателей «Технология и свойства тяжёлых бетонов» НИИЖБ – М.: Стройиздат, 1971 – С. 57 – 70.
14. *Романков П.Г., Курочкина М.И.* Гидромеханические процессы химической технологии. «Химия»– Л, 1982 – С. 91 – 108.

REFERENCES

1. *Garnec V.M., 1991.* Progresyvni betonoformujuchi agregaty i komplekxy [Progressive betono-formings aggregates and complexes]. Kyiv, Budivelnik Publ., 145.
2. *Garnec V.M., 2002.* Perspektyvni napryamky rozvytku obladnannja dlja bezperervnogo formuvannja zalizobeton-nyh konstrukcij [Perspective napryamki of development of equipment for the continuous forming of reinforced-concrete constructions of building]. Tehnika budivnytva, no. 13, 35-43
3. *Garnec V.M., Ryushin V.T., 1983.* Analytycheskoe opredelenye kontaktnogo davlenija pry rolykovom formovanju [Analiticheskoe

- opredelenie contact davleniya at rolikovom formovanii]. Kyiv, GSDM Publ., no. 36, 58-62.
4. *Garnec V.M., Zajchenko S.V., 1999.* Vyznachennja oporu perekochuvannju bezvibracijnogo robochogo organu dlja vyro-nyctva pustotnyh vyrobiv [Vizna-chennya support a crack without the vibrations-nogo of working organ for the production of emptiness wares]. Kyiv, GBDMM Publ., no. 53, 49-55.
 5. *Garnec V.M., Zajchenko S.V., 2001.* Prystrij dlja formuvannja vyrobiv z betonnyh sumishej [Pristriy for forming of wares from concrete mixtures]. Kyiv, Deklaracijnyj patent na vy-nahid UA, no. 33971 (13)A, Ukraine, V2813/02, 15.02.2001, Bjul. no. 1, 5.
 6. *Garnec V.M., Shalenko V.O., 2013.* Prystrij dlja ukladannja i ushhilnennja betonnyh sumishej [Pristriy for a conclusion and compression of concrete mixtures]. Kyiv, Deklaracijnyj patent na korysnu model, no 79589 Bjul. no 8, 6.
 7. *Garnec V.M., Zajchenko S.V., Shalenko V.O., Pryhodko J.S., 2012.* Rozrobka naukovopraktychnyh rekomendacii' po stvorennju betonoformujuchykh agregativ (BFA) [Development of naukovopraktychnikh recommendation on creation of betonoformuyuchikh aggregates (BFA)]. Kyiv, GSDM Publ., no. 79, 46-52.
 8. *Zajchenko S.V., Shevchuk S.P., Garnec V.M., 2012.* Tryvymirne modeljuvannja procesu rolykovogo ushhilnennja stovburnogo kriplennja [Threedimensional design of process of roller compression fastening barrelnogo]. Kyiv, GSDM Publ., no. 79, 40-45.
 9. *Garnec V.M., Pryhodko J.S., 2011.* Mehanizm vzajemodii robochyh organiv pry rolykoekstruzijnomu formuvanni [Mekhanizm cooperations of workings organs at the roliskoekstruzijnomu forming]. Girnichi, bedivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioration machines], no. 77, 55-59.
 10. *Gjachev L.V., 1968.* Dvyzhenye supuchyh materialov v trubah i bunkerah [Dvizhenie sypuchikh materialov in pipes i bunkers]. Moscow, Mashynostroenye Publ., 184.
 11. *Zenkov R.L., Grynevych G.P., Ysaev V.S., 1977.* Bunkernue ustrojstva [Bunkernye ustrojstva]. Moscow, Mashynostroenye Publ., 222.
 12. *Godkyn J.N., 1981.* Povushenye efektyvnosti poverhnostnogo y stankovogo vybroformovanyja zhelezobetonuh yzdelyj [Povyshenie efektyvnosti poverkhnostnogo i machine vibroformovaniya zhelezo-betonnykh izdeliy]. Moskow, Avtoreferat na soyskanye uchënoj stepeny k.t.n., 21
 13. *Potapov A.P., 1971.* Yssledovanye faktorov vlyajushhyh na ystechenye betonnoj smesy yz bunkerov-pytatelej [Issledovanie faktorov vliyayuschikh on istechenie betonnoy smesi iz bunkerov-pitateley]. Moskow, Tehnologija y svojstva tjazhëluh betonov NYZZhB, Strojzdat, Publ., 57-70.
 14. *Romankov P.G., Kurochkina M.I., 1982.* Gy-dromehanycheskye processu hymycheskoj tehnologyy [Gidromekhanicheskie processy khimicheskoy tekhnologii]. Lvov, Hymyja Publ., 91-108.