

## У СТВОРЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРЕСИВНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

*УДК 666.40.9*

### ОСОБЛИВОСТІ РОЛИКО-ЕКСТРУЗІЙНОГО УЩІЛЬНЕННЯ ЖОРСТКИХ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ

*Приходько Я. С*

*Гарнець В. М*

*Київський національний університет будівництва та архітектури*

*У статті розглянуто аналітичні особливості процесу ролик-екструзійного ущільнення бетонних сумішей при виробництві багатопустотних виробів.*

*The article describes how to analytically roll-extrusion molding and discussed synergies between the modes and parameters in the production of hollow articles.*

#### **Вступ**

Розвиток будівельної індустрії країни має за мету забезпечення всіх галузей промисловості якісними та економічно виправданими будівельними виробами. Особливо це стосується промислового, цивільного, сільськогосподарського, дорожнього будівництва тощо. Сучасні вимоги потребують модернізації будіндустрії та впровадження високотехнологічного обладнання для виготовлення будівельних виробів, зокрема залізобетонних плит перекриття, дорожніх плит, стінових панелей, виробів із спеціальних бетонів для аграрного сектору

Однією з таких технологій являється безопалубочне формування залізобетонних виробів на довгих (120-200 м) стендах [1]. Показники такої технології та якість продукції, культура виробництва відповідають вимогам світових стандартів.

#### **Аналіз попередніх досліджень**

За технологією безопалубочного формування працюють бетоноформуєчі агрегати (БФА) відомих закордонних фірм, таких як "Elematic" (Фінляндія), "Weiler" (Німеччина), "Nordimpianti" (Італія), "Spiroll" (Англія) та інші. В сучасних агрегатах використовують вібраційну, екструзійну, трамбувальну чи комбіновану дію на бетонну суміш. Найбільш поширеною являється віброекструзія, яка поєднує одночасно дію екструзії та вібрації. Але, водночас, суттєвим недоліком залишається підвищений рівень шуму і вібрації, що створюються під час роботи віброзбуджувачів і погіршує умови праці. Альтернативою цьому, на думку авторів, є використання безвібраційних БФА на основі ролик-екструзійного формування [5, 6].

Аналізуючи роботи, присвячені дослідженню роликового формування у лабораторних та заводських умовах на базі НДІБЗ (м. Москва), КНУБА (м.Київ), Черкаського ЗЗБВ (м.Черкаси) [2, 3], можливо відмітити достатньо високі показники щодо формування

плоских, в тому числі 3-х шарових панелей з утеплювачем і плитковим облицюванням та пустотних панелей.

В роботах [3, 4] розглянуто контактну взаємодію робочих органів різної конфігурації при роликовому формуванні, запропоновано пошаровий метод формування пустотних виробів та інші.

### Мета дослідження

Аналітично дослідити особливості безвібраційного ролико-екструзійного ущільнення дрібнозернистих бетонних сумішей.

### Матеріал і результат дослідження

Особливістю безвібраційного ролико-екструзійного [5, 6] ущільнення є поєднання двох виконавчих механізмів: роликів (можуть бути різного типу і конфігурації) та шнек-екструдерів (рис.1). Під час зворотно-поступального руху формуючих роликів відбувається перерозподіл напружень, активація та ущільнення бетонної суміші за рахунок поступового багаторазового насичення шарів виробу новими порціями суміші (підсіпки). Шнеки безперервно подають та підпресовують суміш із середини, за рахунок реактивних сил

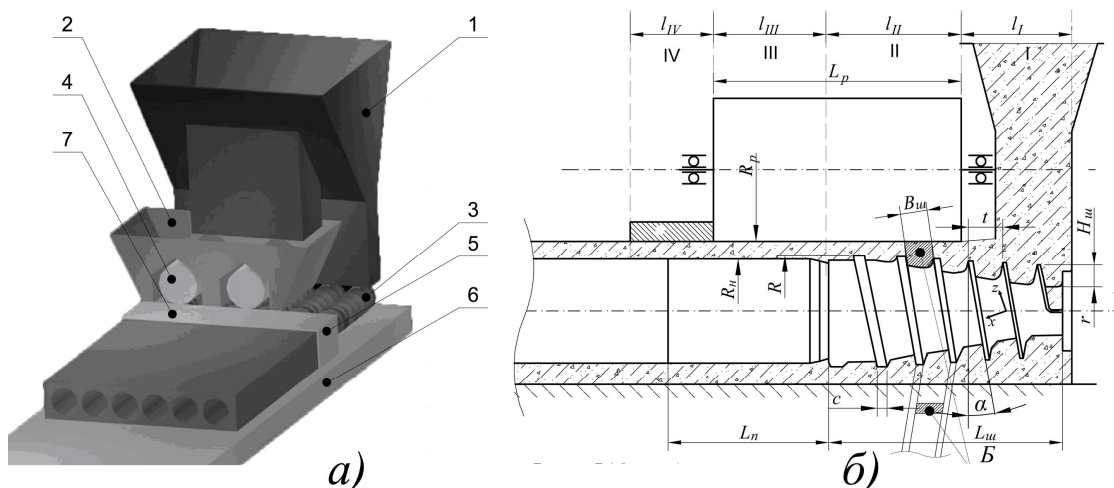


Рис. 1. Модель (а) та розрахункова схема (б) ролико-екструзійного бетоноформувального агрегату

рухають БФА в напрямку, протилежному формуванню.

Процес ролико-екструзійного ущільнення відбувається наступним чином, згідно технології безопалубочного формування на довгих стендах. Ролико-екструзійний БФА встановлюється кран-балкою на підготовлений стенд 6. Після чого в основний бункер 1 завантажується бетонна суміш, яка під власною вагою потрапляє до роздавального бункера 2 та на витки шнеків 3, які транспортують її до формуючої камери. У формуючій камері, яка утворена бортами форми, поверхнею стенда 6 та ущільнюючими роликами 4, відбувається процес ущільнення за рахунок нагнітання суміші витками шнеків 3 та кінцевою частиною вала екструдера. Поверхнєве ущільнення відбувається за рахунок багаторазового

вдавлювання підсіпки роликми 4, які виконують зворотньо-поступальний рух. Стабілізуючі плита 7 та наконечники 8 забезпечують проектні розміри виробу, що формується.

Процес формування виробу відбувається при постійній подачі суміші із бункера на витки шнеків та під ролики, які за допомогою силового впливу ущільнюють бетонну суміш, а реакції, які при цьому утворюються рівномірно рухають бетоноформуючий агрегат.

Створення таких складних агрегатів потребує всебічного теоретичного та експериментального дослідження системи, в якій взаємодіють різні механізми та формоутворюючі елементи з бетонною сумішшю.

У зв'язку із складністю процесу формування, умовно поділимо його на чотири етапи. На першому етапі (I) (див. рис.2) на елемент, який знаходиться між сусідніми витками, діють гідростатичний тиск суміші з бункера та витки шнек-екструдера. При цьому суміш, що витікає з бункера, під власним тиском рівномірно розподіляється між першими 1 - 3 витками по перетину виробу, транспортується у формувальну камеру, яка складається із роликів та бортів форми. На цьому етапі (I) конструкція шнеків має постійну величину серцевини ( $r = const$ ).

На другому етапі (II) має місце всебічне стискання елемента. Суміш знаходиться під дією ролика, який вдавлює нові порції підсіпки при кожному наступному проході і під дією шнека, який нагнітає суміш під ролик та ущільнює її за рахунок конічної форми вала шнека. На другому етапі (II) гіпотетично діють найбільші навантаження, так як витки шнека створюють максимальні реактивні сили, які рухають БФА.

На третьому етапі (III) відбувається процес ущільнення суміші, що відповідає останнім проходом ролика при формуванні виробів з пустотами [3].

Четвертий етап (IV), який являє собою замкнутий контур, утворений стабілізуючою плитою і бортами форми з зовнішніх сторін і стабілізуючими наконечниками з незмінним діаметром зсередини, служить для калібрування виробу. На цьому етапі (IV) завершується процес формування, щільність виробу є постійною, а напруження в суміші по мірі виходу з-під стабілізуючої плити поступово зникають.

Отже, основою формування залізобетонних виробів є ущільнення бетонної суміші, яке відбувається по всій довжині шнеків та стабілізуючих наконечників. Найбільш інтенсивне ущільнення бетонної суміші відбувається між роликом та серцевиною шнека, саме в таких місцях виникають максимальні контактні напруги.

Розглянемо більш детально даний випадок. В процесі формування має місце всебічне стискання елемента Б (рис.1). Тому напруження в напрямку  $X$  між витками і  $Y$  між роликом та серцевиною шнека будуть відрізнятися від напружень в напрямку  $Z$  паралельному до витків шнека, на величину коефіцієнта бокового стискання  $k$  [7]:

$$\sigma_{xx} = k\sigma_{zz} \text{ та } \sigma_{yy} = k\sigma_{zz} \quad (1)$$

Рівняння рівноваги сил діючих на елемент в напрямку осі  $Z$  [6]:

$$F_{\sigma 1} + F_p \cos \alpha - F_{\sigma 2} - F_b - 2F_6 = 0 \quad (2)$$

де  $F_{\sigma 1}$  та  $F_{\sigma 2}$  – сили, які виникають від дії нормальних напружень  $\sigma_{zz}$ , що діють у

поперечному перетині каналу;  $F_p$  – дотична сила дії ролика на матеріал;  $F_b$  та  $F_6$  – сили тертя матеріалу з валом шнека та боковими поверхнями каналу.

В результаті аналізу рівняння (2) при розгляді умови формування в найбільш невідповідних положеннях, тобто коли суміш знаходиться між роликом та серцевиною шнека, визначено вираз для розрахунку напруження вздовж каналу шнека [6]:

$$\sigma_{zz}(z) = (\sigma_0 + \sigma_p) \exp(kfF_{\alpha,\delta}z), \quad (3)$$

де  $\sigma_0 = pgh$  – початкове напруження, діюче на елемент суміші від сили ваги стовпа суміші;  $\sigma_p$  – нормальні напруження, які створюються завдяки дії ролика при вдавлюванні підсипки [4];  $f$  – коефіцієнт тертя поверхні робочих органів з ущільнюючим середовищем;  $F_{\alpha,\delta}$  – кутовий параметр, який залежить від кута транспортування  $\alpha$  та кута нахилу витків  $\delta$ .

Для розрахунку ролик-екструзійного БФА більш зручнішим є значення осьового напруження, яке утворюють робочі органи вздовж осі шнека. Тобто потрібно прогнозувати нормальні напруження, які виникають у каналі шнека (див. рис.2, а):

$$\sigma_u = \sigma_{zz} \sin \varphi + k \sigma_{zz} \cos \varphi = \sigma_{zz} (\sin \varphi + k \cos \varphi) \quad (4)$$

Отримана теоретична залежність (4) для визначення контактних напружень в ущільнюючому середовищі дає можливість для подальшого дослідження ролик-

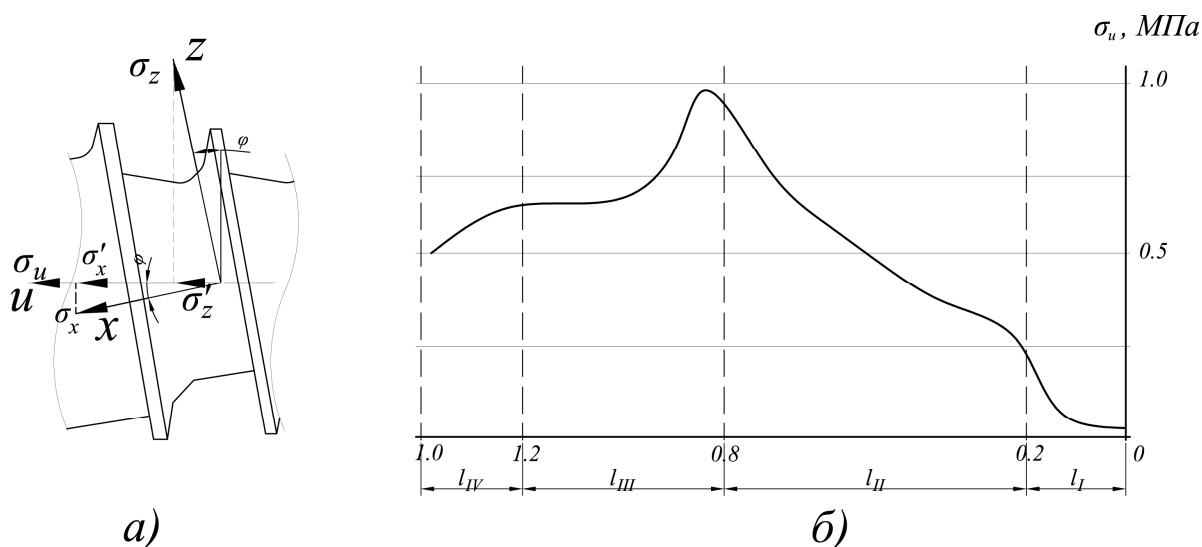


Рис. 2. Схема визначення напружень  $\sigma_u$  (а). Графік зміни нормальних напружень  $\sigma_u$  по осі шнека (б).

екструзійного методу формування залізобетонних виробів, а саме визначення взаємоузгодженості режимних параметрів робочих органів та енергоємність процесу. Але, водночас, отриманий графік потребує експериментального підтвердження на установці ролик-екструзійного формування.

### *Висновки*

В даній роботі аналітично розглянуто метод ролико-екструзійного формування залізобетонних виробів по технології безопалубочного формування, що являється однією з найбільш поширеною та високотехнологічною в наш час. Розглянуто особливості безвібраційного ущільнення бетонних сумішей ролико-екструзійним методом завдяки поєднанню двох типів робочих органів: роликів та шнеків. Так як даний процес є дуже складним і мало дослідженим тому, перспективним є подальше теоретичне дослідження з експериментальним підтвердженням раціональності застосування ролико-екструзійного формування залізобетонних виробів.

### *Література*

1. Мальшев А.А. *Современные методы безопалубочного формирования* // Бетон и железобетон, 2009. №6. С 20 – 26
2. Гарнець В.М. *Прогресивні бетоноформуєчі агрегати і комплекси.* – К.: Будівельник, 1991. – 144 с.
3. Гарнець В.М., Зайченко С.В. *Високоєфективне обладнання для виробництва пустотних панелей* // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: Республ. між від. наук.-техн. зб.-к. – К.: Вид-во КНУБА, 1998. Вип.52– С.78 – 82.
4. Рюшин В.Т. *Исследования рабочего процесса и методика расчета машин роликового формирования бетонных смесей.* – Автореферат дис. на соискание ученой степени к.т.н.. – Киев, 1986. – 20с.
5. Гарнець В.М., Сосюра А.В. *Моделювання процесу роликово-екструзійного формування пустотних панелей*// Техніка будівництва. – 2001. – №9.
6. Гарнець В.М., Приходько Я.С. *Механізм взаємодії робочих органів при ролико-екструзійному формуванні багатопустотних виробів* // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини Вип.77 Київ:2011. – С.55 – 59.
7. Басов Н.И. *Расчёт и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов.* - М.: Химия, 1986. – 488с.