

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ СУМІШІ В ТАРІЛЧАСТО- ВАЛКОВОМУ АКТИВАТОРІ

*Із метою ресурсозбереження у виробництві цегли запропонований тарілчасто-валковий активатор, ефективність якого підтверджена експериментально. Виявлені особливості руху суміші по тарелі, що забезпечують ефективну активацію тільки прокатуванням валками, без розпушення після кожного прокатування.*

**Ключові слова:** *цегла, тарілчасто-валковий активатор, прокатування.*

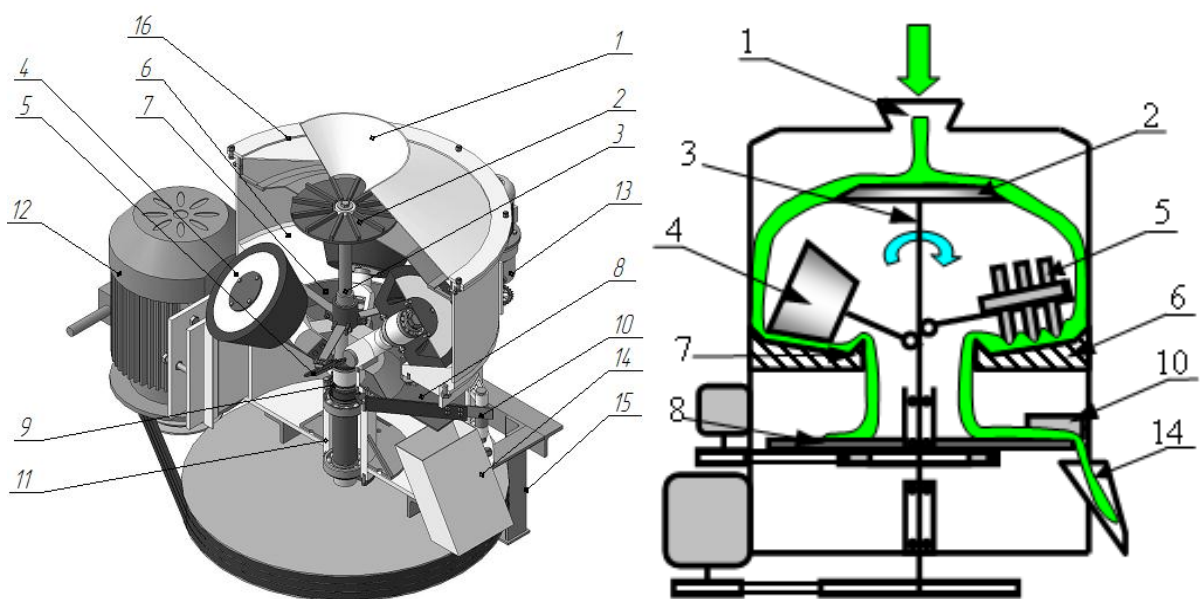
**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** У комплексах по виробництву дрібноштучних будівельних виробів, насамперед, бетонної цегли напівсухого та вібропресування механічна активація зараз практично не використовується, не зважаючи на загально визнану позитивну оцінку її дію щодо економії ресурсів та підвищення якості продукції. На наш погляд, основною причиною є відсутність конструкції активатора, яка б задовольняла жорсткі вимоги реального виробництва до надійності, довговічності, стабільності, ремонтпридатності тощо, а також забезпечувала високі техніко-економічні показники й мала необхідне мінімальне розповсюдження та “стаж” роботи в промисловості. Робота присвячена пошуку ефективного активатора.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Найбільш широке практичне застосування мали активатори-бігуни циклічної дії, що багаторічною експлуатацією довели свою ефективність, насамперед, як активатори різноманітних шлаків [1]. Активація у бігунах проходила шляхом багатократного ущільнення товстого зволоженого шару оброблюваного матеріалу прокатуванням під валками й наступним рихленням скребками. Кількість циклів ущільнень-рихлень складала від однієї до декількох сотень. Але бігуни є тихохідною машиною, оскільки відцентрова сила не повинна заважати скребкам подавати матеріал під котки. Тому машина виходить громіздкою та метало ємною, складною у обслуговуванні та ремонтах, з невисокою питомою продуктивністю. Указані недоліки разом із циклічністю дії й зменшенням у зв'язку з цим продуктивності витиснули активатори-бігуни з виробництва.

Останнім часом спостерігається бурхливий розвиток переробки матеріалів у товстому шарі прокатуванням під валками [2]. Ефективні тарілчасто-валкові млини фірм Loesche, FISmidth, Polysius, Gebr. Pfeiffer Ag [3,4] активно витискають традиційні кульові із сфери помелу сировинних матеріалів і цементу. Цілком зрозуміле бажання використати принцип дії таких агрегатів у активаторі привело до створення тарілчасто-валкового активатора (далі – ТВА) [5]. Основні відмінні ознаки ТВА направлені на забезпечення потрібної для ефективної активації кількості прокатувань товстого, зволоженого шару сировинної суміші під валками.

Принцип дії ТВА відрізняється рухом товстого зволоженого шару перероблюваної суміші у радіальному напрямку від зовнішнього до внутрішнього діаметра тарелі (рисунок 1), під час якого відбуваються ті сотні прокатувань валками,

дія яких обумовлює позитивний ефект активації. Сировинна суміш завантажується у лійку 1, диском-розподільвачем 2 розподіляється по периметру тарелі 6 і багаторазово прокочується під валками 4, осі яких, як і розпушувачі 5, шарнірно прикріплено до приводного вала 3. Притискання валків 4 до шару суміші на тарелі 6 здійснюється відцентровою силою, тому стає непотрібним використання складних запобіжних пристроїв на випадок попадання твердих включень. Притискання валка тільки відцентровою силою можливе тому, що для активації означене зусилля приблизно удесятеро менше, ніж для помелу [6]. Після кожного прокатування ущільнений шар суміші розрихлюється розпушувачами 5. Товщина шару суміші на тарелі 6 і, відповідно, кількість прокатувань регулюється висотою розташування кільця 7 над поверхнею тарелі 6. По завершенні процесу активована суміш розвантажується через лоток 14 пристроєм на зразок тарілчастого живильника, що містить приводний диск 8 і скребок 10.



*Рисунок 1 – Конструктивна та принципова схема ТВА*

*1 – завантажувальна лійка; 2 – диск-розподільвач; 3 – приводний вал;  
4 – валок; 5 – розпушувач; 6 – таріль; 7 – кільце регулювання товщини шару;  
8 – розвантажувальний диск; 9, 11 – підшипникові вузли,  
10 – скребок; 12, 13 – приводи вала й диска; 14 – лоток; 15 – рама; 16 – корпус*

Частота обертання приводного вала ТВА (порядку 300 об/хв) приблизно удесятеро більша, ніж у бігунів, що й обумовлює значно вищу продуктивність. Експериментальні дослідження такого варіанту ТВА підтвердили його працездатність і ефективність у переробці піщаноцементних та шлакоцементних сумішей [7].

**Постановка завдання.** У процесі випробувань був виявлений основний недолік описаного вище ТВА - швидке й нерівномірне зношування розпушувачів, необхідність частого регулювання й заміни останніх. Суттєвість цього недоліку збільшується через досить складну форму ножів, що складають кожний розпушувач [5]. Тому була сформульована робоча гіпотеза: активація може бути ефективною у разі переробки товстого шару суміші тільки багатократним прокатуванням під валками, без розпушення. Для перевірки робочої гіпотези й оцінки особливостей руху товстого шару підготовленої до формування суміші під валком були проведені

експериментальні дослідження на лабораторному ТВА без розпушувачів (рисунок 1) та лінійному стенді – рисунок 2.

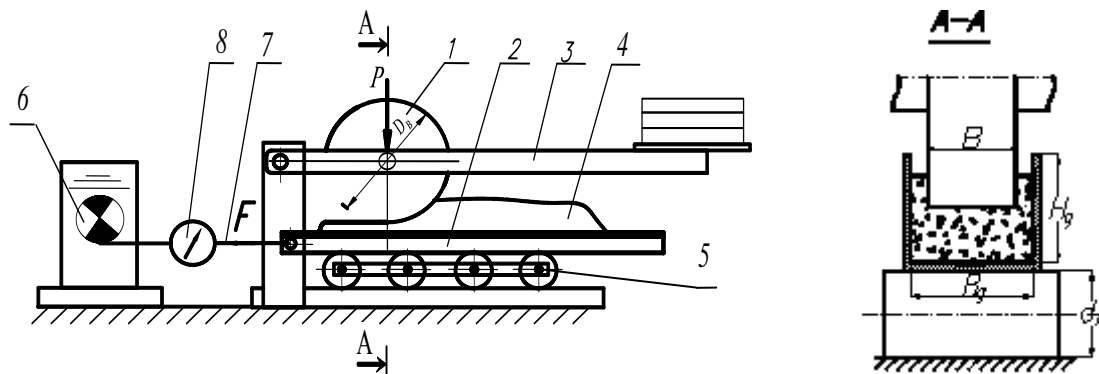


Рисунок 2 – Схема лабораторного лінійний стенду  
 1–валок; 2–доріжка; 3–важіль із змінними вантажами; 4–шар матеріалу;  
 5–ролікоопори; 6 – лебідка; 7–канат; 8–динамометр

Експерименти проводилися у три етапи:

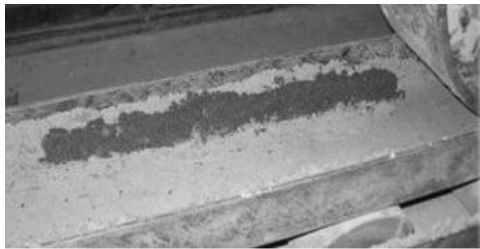
*Перший* був присвячений перевірці робочої гіпотези і проводився шляхом активації піщаноцементної суміші на лабораторному ТВА без розпушувачів. Попередні пошукові серії проводилися з варіацією: частоти обертання приводного валу, яка змінювалась частотний перетворювачем “Altivar 28”; темпу подачі суміші (продуктивності); висоти кільця для регулювання товщини шару; умісту цементу і вологості (Ц/В) суміші. Ефективність активації оцінювалась по міцності на стиск зразків 50x50x25 мм, сформованих із активованої суміші напівсухим пресуванням з тиском 20 МПа. Міцність вимірювалась роздавлюванням на гідропресі на 7 добу нормального твердіння.

*Другий* етап проводився на лінійному стенді для виявлення характеру руху підготовленої до формування суміші у процесі прокатування товстого її шару під валком. Моделювався робочий процес у ТВА. На доріжці готувався ущільнений шар суміші товщиною приблизно 20 мм: рівномірно насипався рихлий шар й ущільнювався п’ятикратним прокатуванням під валком за допомогою лебідки. З одного краю доріжки на ущільнений шар підсилювалася фарбована суміш (рисунок 3а). Після прокатування під валком у шарі утворювався фарбований фрагмент (ФФ) із зоною максимального тиску посередині. Вимірювались розміри ФФ й цикл повторювався. Визначалась умовна швидкість руху ФФ за одне прокатування: вздовж доріжки (розкочування валком); поперек доріжки (адекватно радіальному напрямку руху по тарелі ТВА); у глибину шару.

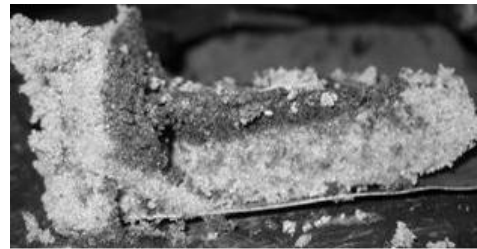
*Третій* етап по оцінці закономірностей руху шару під час багатократного прокатування його під валками без рихлення проводився на лабораторному ТВА спостереженням за рухом ФФ, закладеного в ущільнений шар суміші – рисунок 4. Місце закладання ФФ змінювалося. Фіксація руху ФФ проводилась під час зупинки через кожні 10 с.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сформульована робоча гіпотеза отримала експериментальне підтвердження – ефективність активації у разі переробки товстого шару суміші тільки багатократним прокатуванням, без розпушення, була не меншою, ніж у традиційному режимі з розпушенням. Позитивний результат мав місце лише у досить вузькому діапазоні вологості суміші (8...10%), характерній для напівсухого чи вібро- пресування, причому кращі результати отримані саме на верхній границі інтервалу. Подальше нарощування вологості приводило до дефектів

формування – прилипання сирцю до формуючих поверхонь, витискання цементного «молочка» тощо. У разі меншої вологості активації не відбувалось. Серед конструктивних факторів найбільш впливовими виявилися частота обертання валу й висота кільця для регулювання товщини шару – рисунок 5 (піщаноцементна суміш).



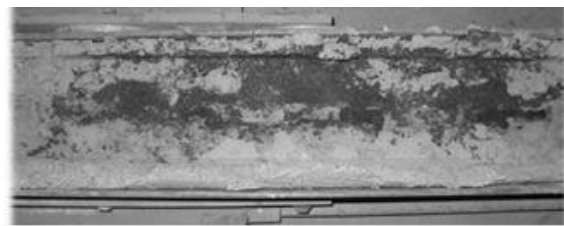
а) Загальний вигляд на початку роботи



б) Після 3-го циклу у перерізі



в) Загальний вигляд після 15-го циклу



г) Вид зверху після 15-го циклу

Рисунок 3 – Фото: ілюстрації руху фарбованої суміші

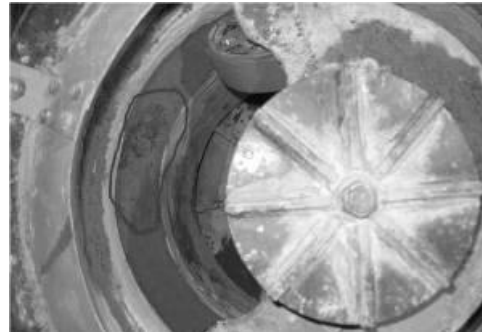
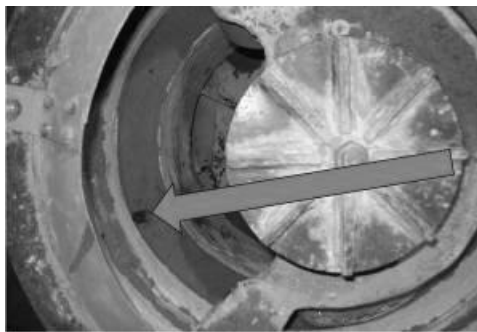


Рисунок 4 – Ілюстрація дослідів по визначенню швидкості руху суміші в ТВА

Нарощування частоти збільшило міцність зразків: в інтервалі частот 300...360 об/хв міцність підвищилась удвічі, але подальше нарощування частоти приросту міцності майже не дало (Рисунок 5а). Збільшення висоти кільця від 0 до 9 мм дало вагомий 3-кратний приріст міцності (рисунок 5б). Отримані дані підтверджують можливість отримання цегли марки 100 із активованої піщаноцементної суміші з умістом цементу М400 – 10%.

Експерименти на лінійному стенді з використанням фарбованого фрагменту (ФФ) виявили такі особливості руху в процесі прокатування товстого шару під валком у разі постійного підсіпання суміші:

- Найбільшою зафіксована швидкість руху ФФ в повздовжньому напрямку (розкочування перед валком) - 10...15 мм за цикл. Швидкість руху ФФ поперек доріжки й у глибину шару приблизно однакові – 1...2 мм за цикл, тобто приблизно удесятеро менші за швидкість розкочування.

- ФФ розширювався поперек доріжки в обидва боки, але переважним напрямком руху був бік ближньої стінки, тобто із зони максимального тиску по напрямку мінімального опору руху.

- Швидкість руху в поперечному перерізі шару виявилася нерівномірною: швидкість верхніх прошарків удвічі перевищувала відповідну середню.

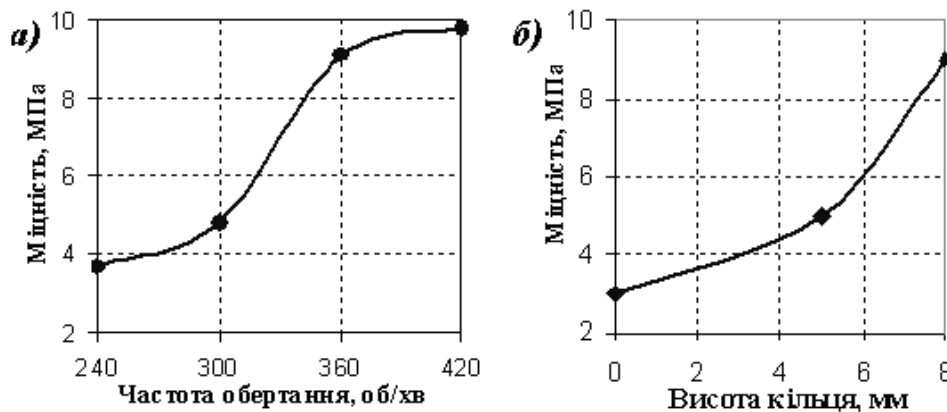


Рисунок 5 – Уплив конструктивних факторів ТВА на міцність зразків Ц/В=1 (Уміст цементу М 400 -10%, темп подачі П=50 кг/год.)

Таким чином, на лінійному стенді доведено, що багаторазове прокатування товстого шару під валком без рихлення у разі постійного підсипання супроводжується повільним рухом суміші поперек доріжки.

Продовження спостережень за рухом фарбованого фрагменту (ФФ), закладеного в ущільнений шар суміші на лабораторному ТВА, дозволило виявити характер радіального руху шару по тарелі у разі безперервного підсипання свіжої суміші по периферії тарелі – рисунок 6.

Свіжа суміш рихлим масивом розподіляється по периферії ущільненого шару на тарелі ТВА, захоплюється валком і ущільнюється з утворенням зони найвищого тиску – зони завантаження. Певний (менший) об'єм суміші з цієї зони за рахунок градієнту тиску, створюваного безперервним живленням суміші, просувається у бік розвантаження, інший – витискається з-під валка у вільний простір біля стінки, розрихлюється і знову повертається у зону завантаження, змішуючись із свіжою сумішшю. Таким чином, на тарелі є два характерні кола: зовнішнє з основною зоною інтенсивної активації й циркуляцією суміші між цією зоною і стінкою; внутрішнє – з повільним рухом у напрямку розвантаження. Виміряна середня швидкість руху ФФ (1,5...2,5 мм/с) співпадала з розрахованою.

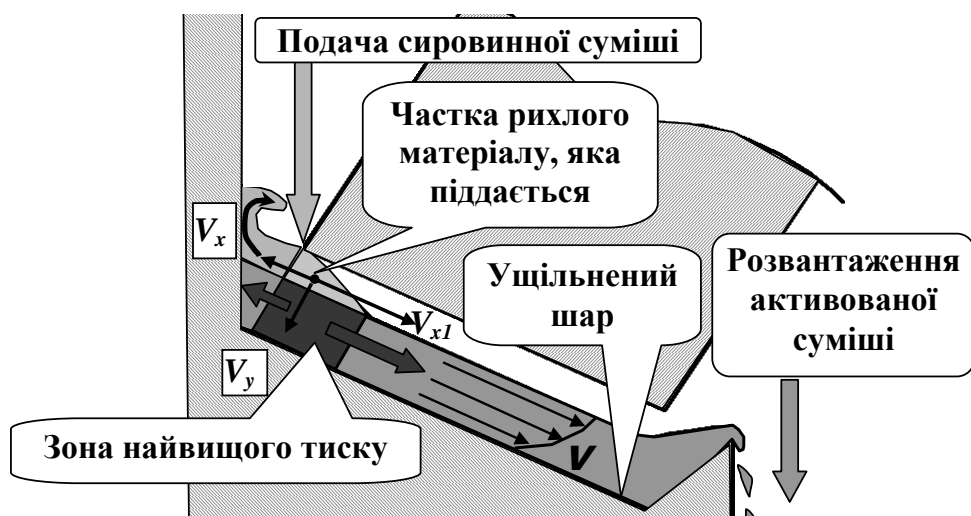


Рисунок 6 – Характер радіального руху матеріалу по тарелі ТВА

## Висновки

Запропонований тарільчасто-валковий активатор для економії цементу у виробництві цегли, зокрема, з піщаного бетону. Підтверджена гіпотеза про ефективність активації у разі багатократного прокатування товстого шару підготовленої до формування суміші під валком без рихлення шару після кожного прокатування. Виявлені особливості руху шару суміші по тарелі.

## Література

1. Ковтун, И.П. Активизированные растворы, бетоны и изделия из доменных шлаков. Под ред. М.Я. Латаша. – К: Госстройиздат УССР, 1962. – 326 с.
2. Redundancy and interchangeability – large vertical roller mills for grinding cement raw material. (Избыточность и взаимозаменяемость – большие вертикальные мельницы для помола цементного сырьевого материала)/ CEMENT INTERNATIONAL. - 2009. - № 1, S.27-31.
3. Брошура від компанії FlSmidth. Вертикальная валковая мельница. — Режим доступу до журн.: [http://attachments.flsmidth.com/FLSmidth/OK%20VerticalMill\\_Russian.pdf](http://attachments.flsmidth.com/FLSmidth/OK%20VerticalMill_Russian.pdf)
4. Брошура від компанії Polysius. Роликовые мельницы Полиус. — Режим доступу до журн.: [http://www.polysius.com/fileadmin/user\\_upload/prospekte/1593\\_roller\\_mill\\_ru.pdf](http://www.polysius.com/fileadmin/user_upload/prospekte/1593_roller_mill_ru.pdf)
5. Пат. № а 94161. МПК В02С 15/04. Тарільчасто-валковий агрегат / Савченко О.Г., Федоров Г.Д., Болотських М.С., Крот О.Ю., Супряга А.В., Супряга Д.В.; заявник та патентовласник Савченко О.Г. – № а200911157; заявн. 3.11.2009; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7.
6. Савченко, О.Г. Обладнання комплексів для виробництва будівельних дрібноштучних стінових виробів. Навч. посібн./Харків: Тимченко, 2006. –416 с.
7. Савченко, О.Г. Оцінка ефективності переробки цементно-піщаної суміші у активаторі тарільчасто-валкового типу для виробництва ресурсозберігаючої цегли / Савченко О.Г., Федоров Г.Д., Супряга А.В. // Тези доповідей XIX міжнародної науково-практичної конференції. – Х.: НТУ ХПІ, 2011. – 262 с.

Надійшла до редакції 27.10.2011

© О.Г. Савченко, Г.Д. Федоров, О.Ю. Крот, В.О. Буцький, А.В. Супряга,

А.Г. Савченко, к.т.н. проф., Г.Д. Федоров, к.т.н. проф., А.Ю. Крот, к.т.н., доц.  
В. А. Буцький, к.т.н. доц., А.В. Супряга, аспірант

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ СМЕСИ В ТАРЕЛЬЧАТО-ВАЛКОВОМ АКТИВАТОРЕ

С целью ресурсосбережения в производстве кирпича предложен тарельчато-валковый активатор, эффективность которого подтверждена экспериментально. Выявлены особенности движения смеси по тарелке, обеспечивающие эффективную активацию только прокаткой валками, без рыхления после каждой прокатки.

**Ключевые слова:** кирпич, тарельчато-валковый активатор, прокатка.

**A.G. Savchenko , Ph.D., G.D. Fedorov , Ph.D., O.Y. Krot , Ph.D., V.A. Butskyy , Ph.D.,  
A.V. Supryaga , postgraduate**

*Kharkov National University of Construction and Architecture*

### **IDENTIFY LAWS OF MOTION MIXES IN PLATE-ROLL ACTIVATOR**

*In order to resource conservation in the production of bricks proposed plate-roll activator (PRA) with centrifugal force pressing the rolls to a thick layer located on the dishes prepared in the formation of the mixture. The effectiveness of PRA confirmed.*

**Key words:** *concrete brick, plate-roll activator, raw material, mixture, thick layer, roll.*