

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТИСНЕНИМ ПОВІТРЯМ ПОВЕРХНІ ШТАМПУ ПРЕСА НАПІВСУХОГО ПРЕСУВАННЯ

АННОТАЦІЯ. Розглянуто причини нестабільності якості силікатної цегли, що формується на револьверному пресі. Запропоновано пристрій у вигляді сопла для очищення пластин механізму пресування та аналітично визначено необхідну швидкість повітря. Змодельовано варіанти системи живлення щільового сопла та варіанти його розташування відносно очищуваної поверхні. Визначено оптимальні варіанти.

Ключові слова: силікатна цегла, активована силікатна суміш, прес, сопло, тиск та швидкість повітря.

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены причины нестабильности качества силикатного кирпича, формируемого на револьверном прессе. Предложено устройство в виде сопла для очистки пластин механизма прессования и аналитически определена требуемая скорость воздуха. Смоделированы варианты системы питания щелевого сопла и варианты его расположения относительно очищаемой поверхности. Определены оптимальные варианты.

Ключевые слова: силикатный кирпич, активированная силикатная смесь, пресс, сопло, давление и скорость воздуха.

SUMMARY. Have been clarified the reasons of instability of the quality of silica brick, which is done on a mechanical press. It was suggested the device in the form of nozzle for cleaning wafers of mechanism. Was determined analytically the air velocities which needed. Were simulated versions of the system power supply of nozzle and the options location of nozzle. Have been determined the best options.

Key words: calcium silicate bricks, activated silica compounds, the press for brick, nozzle, pressure and air velocity.

Постановка проблеми

Силікатна цегла залишається в Україні досить поширеним виробом для зведення будівельних споруд завдяки доступній ціні (і достатньої рентабельності) за досить значних споживчих властивостей (міцність, морозостійкість, естетична якість і т. інш.). Його перевага – мала ціна (і достатня рентабельність) при досить гарних споживчих властивостях (міцність, морозостійкість, естетичні якості та ін.). Статистика свідчить, що виробництво силікатної цегли в Україні у 2005-2007 роках досягло 1 млрд. штук на рік. Виробляли її близько 40 заводів.

До початку кризи спеціалісти вважали, що виробництво цегли у найближчі 4-5 років зростатиме на 15-25% щорічно.

Для формування силікатної цегли застосовуються преси з рухомих столом (рис.1), у гніздах (пресформах) 1 якого розміщені штампи 2, що в позиції пресування взаємодіють з пластинами 3 регулювання висоти

цегли, прикріпленими до поршня механізму пресування 4.

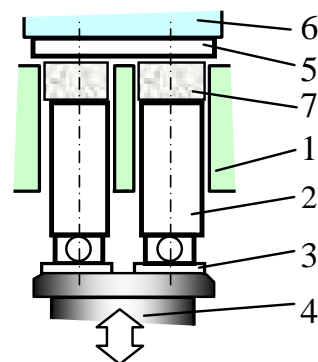


Рис.1. Переріз револьверного преса в зоні, де відбувається пресування: 1 – гнізда (пресформи) в столі преса; 2 – штампи; 3 – пластини регулювання висоти цегли, прикріплені до поршня механізму пресування 4; 4 – поршень механізму пресування; 5 – контрштамп; 6 – траверса; 7 – сформована цегла (сирець)

До таких пресів відноситься револьверний прес, що містить поворотний стіл із попарно розміщеними в ньому пресформа-

ми й штампами, які в процесі пресування контактують з опорними поверхнями двох пластин регулювання висоти цегли, кожна з яких прикріплена за допомогою двох болтів до поршня механізму пресування [1, 2].

Одним із недоліків таких пресів є нестабільність якості цегли внаслідок негативного впливу накопичування просипу на пластинах (рис.1, поз.3). Під просипом розуміємо ту сировинну суміш, що просипалась під стіл на пластини 3 крізь зазори між штампами та пресформами під час повороту стола й безпосередньо в процесі пресування. Просип на пластинах має вигляд ущільнених “коржів”, товщина яких, поперше, неоднакова по площі опорних поверхонь, по-друге, хаотично змінюється під час роботи преса. Нерівномірність товщини “коржів” по площі та хаотичність зміни товщини є наслідком декількох причин: неоднакової інтенсивності просипання сировинної суміші крізь зазори; змітання частини просипу ніжками штампів при їхньому переміщенні над пластинами в процесі повороту стола хаотичного винесення фрагментів “коржів” опорними поверхнями штампів; варіації властивостей сировинної суміші, перш за все, вологості. **Нерівномірність товщини “коржів” приводить до непаралельності площин цегли (дефекту форми), нестабільності її висоти та, відповідно, густини і пов’язаних із густиною показників якості – міцності, морозостійкості.** Крім того, перекошування штампа через неоднакову товщину “коржів” під його ніжками в процесі пресування приводить до інтенсивного зношування стінок пресформ, штампів та поршня механізму пресування.

Для підтвердження цих припущень на Курязькому заводі силікатних виробів (ЗСВ) співробітниками кафедри механізації будівельних процесів (МБП) Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури (ХДТУБА) /далі за текстом – нами/ були проведені дослідження якості силікатної цегли. Сформовану на одному з пресів цеглу було пропарено за стандартною технологією. Загальна характеристика маси – вологість $\approx 6,5\% \pm 0,5\%$, активність суміші $\approx 12\%$, вміст заповнювача

$\approx 6\%$ за масою (подрібнений вапняк, фракція 1-20 мм). Було відібрано вагонетку з цеглою з мінімальною кількістю дефектів, оцінених візуально. Замірялася висота цеглин у кожному шарі. Отримали, що висота коливається від 83,5мм до 89мм. Тобто визначили, що на інших пресах розбіжність значення висоти цегли був меншим. Збільшення розбіжності висоти цегли є передусім результатом наявності “коржів” на пластинах поршня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Нами запропоновано та розроблено [3] модель процесу ущільнення будівельних сумішей при їх пресуванні на основі експериментальних залежностей поточного тиску в суміші від поточної густини (чи від поточної висоти) виробу. Такі залежності відомі як “компресійні криві”. Аналіз моделі свідчить, що:

- притаманні об’ємному дозуванню похибки у масі засипки на силікатній суміші дають несталість тиску, що характеризується коефіцієнтом нерівномірності $K_n = 0,57$ (майже двократна різниця тиску /від 15,3МПа до 27,6МПа/ за різною висотою “коржа”). Така несталість при формуванні силікатної цегли, як свідчить досвід експлуатації пресів, є прийнятною і не приводить до появи бракованої продукції чи аварійних зупинок преса, але суттєво впливає на сталість розміру цегли та її міцності;
- ті ж самі похибки дозування при використанні активованої цементно-піщаної суміші більш суттєво впливають на несталість тиску (до $K_n = 0,84$ – /від 8,7МПа до 21,2МПа), вимагаючи застосування додаткових заходів для стабілізації тиску.

Запобігти негативному впливу просипу на якість цегли можна використанням пристрою очищення пластин. Відомий пристрій очищення пластин [4], виконаний у вигляді шарнірно-змонтованої на столі щітки з приводом від механізму, до складу якого входять закріплені на станині преса копір та зв’язаний із щіткою ролик. Недоліками цього пристрою очищення пластин є недостатня його надійність і довговічність через наявність пар тертя та численних ша-

рнів, які працюють у середовищі абразивного пилу, а також трудомісткість переналадження пристрою при заміні пластин та регулюванні висоти цегли. Крім того, ефективність очищення пластин є недостатньою, бо виконується не перед кожним пресуванням, а тільки один раз за оберт стола.

Мета дослідження – визначення раціональних параметрів нового пристрою очищення пресових пластин пресів для формування цегли.

Виклад основного матеріалу

Нами запропоновано (рис. 2) пристрій для очищення пластин струменями повітря перед кожним пресуванням. Пристрій виконаний у вигляді «обдувача», зв'язаного із системою подачі стиснутого повітря, обладнаного отворами для формування струменів повітря та розміщеного у зоні пластин, а система подачі стиснутого повітря містить клапан та датчик взаємного положення опорних поверхонь пластин і штампів, причому датчик формує сигнал на відкриття клапана за відсутності контакту між опорними поверхнями пластин і штампів. Обдувач виконано у вигляді щільового сопла.

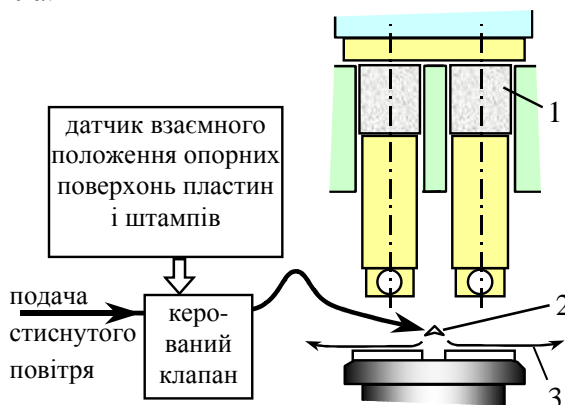


Рис.2. Переріз револьверного преса в зоні, де відбувається пресування (до початку пресування): 1 – сировинна суміш, засипана у пресформу; 2 – двобічне щільове сопло (обдувач); 3 – струмені повітря

На рис. 3 – схематичне зображення процедури здування просипу з поверхні пластини поршня. **Сформульовано задачі досліджень:** з метою мінімізації витрат на застосовуване стиснене повітря **визначити раціональні кут нахилу “K” осі щільового сопла та висоту “B” над поверхнею**

пластини поршня, а також визначити можливі і достатні параметри стисненого повітря, що підводиться до щільового сопла.

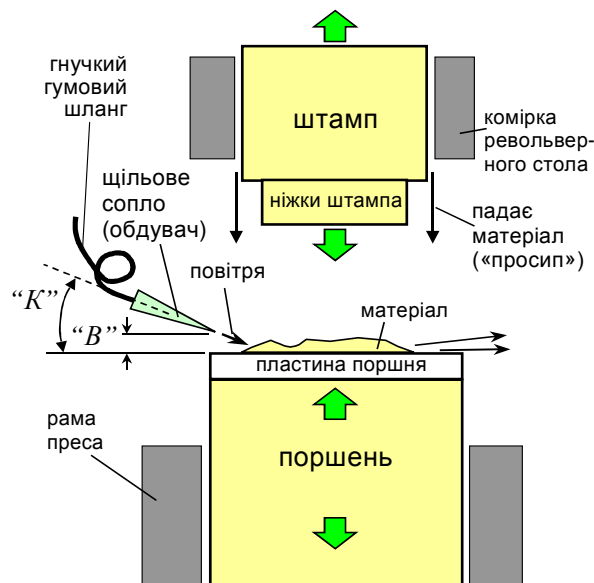


Рис. 3. Схема для визначення параметрів встановлення щільового сопла

Спробуємо орієнтовно визначити швидкість повітря, потрібну для відривання шару суміші від поверхні пластини. На рис.4 – розрахункова схема.

На частинку діють такі сили: *сила повітряного потоку та сила зчеплення частинки (чи шару частинок) з поверхнею пластини.*

Сила повітряного потоку [5]:

$$P = cKS \frac{\rho_{\text{повітря}} \cdot v^2}{2} = cK \frac{\pi d^2 \cdot v^2 \cdot \rho_{\text{повітря}}}{4 \cdot 2}, \quad (1)$$

де c – коефіцієнт аеродинамічного опору перерізу, $c \approx 0,5$ – залежить від критерію Рейнольда; K – коефіцієнт, що враховує форму частинок; $K \approx 1$ для сферичної частинки; $\rho_{\text{повітря}} \approx 1,3 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря при нормальних умовах.

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \text{ – площа міделева перерізу.} \quad (2)$$

Силу тертя (силу зчеплення частинки чи шару частинок з поверхнею пластини) досить складно аналітично визначити. Будемо вважати її пропорційною вазі частинки і розглянемо два варіанти: коли ця сила удвічі більша за вагу частинки та коли ця

сила у двадцять разів більшою за вагу частинки.

$$F_{зчепл} = 2G = 2 \cdot \frac{\pi d^3}{6} \cdot \rho_{матеріалу} \quad (3)$$

$$\rho_{матеріалу} = 2500 \text{ кг/м}^3.$$

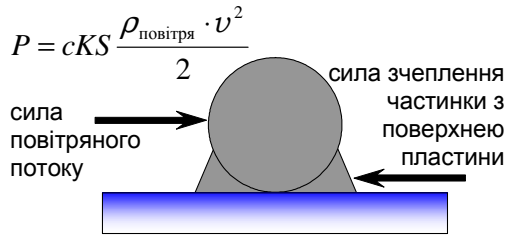


Рис. 4. Розрахункова схема сил, що діють на частинку, що налипла на пластині поршня

Прирівнюємо (1) та (3), щоб виразити швидкість:

$$cK \frac{\pi d^2 \cdot v^2 \cdot \rho_{повітря}}{4 \cdot 2} = 2 \cdot \frac{\pi d^3}{6} \cdot \rho_{матеріалу} \quad (4)$$

$$v = \sqrt{\frac{8 \cdot 2 \cdot \rho_{матеріалу} \cdot d}{6 \cdot \rho_{повітря} \cdot c \cdot K}} \quad (5)$$

Для нашого прикладу:

$$v = \sqrt{\frac{8 \cdot 2 \cdot 2500 \cdot 0,006}{6 \cdot 1,3 \cdot 0,5 \cdot 1}} = 7,85 \text{ (м/с)}. \quad (6)$$

Якщо сила зчеплення у 20 разів більше, ніж вага частинки, то потрібна швидкість повітря:

$$v = \sqrt{\frac{8 \cdot 20 \cdot 2500 \cdot 0,006}{6 \cdot 1,3 \cdot 0,5 \cdot 1}} \approx 25 \text{ (м/с)}. \quad (7)$$

Для аналізу процесу застосовувалася система моделювання руху рідини та газу, заснована за методом кінцевих елементів.

Згідно методу кінцевих елементів, простір, що досліджується, розбивається на певну кількість елементарних ділянок, у кожній з яких розраховується стан відповідно до вибраної моделі, призначеної речовини, початкових умов та ін. До характеристик стану кожного елемента входять тиск, швидкість (у будь-якому напрямку), концентрація, густина, ентальпія, температура та ін. Будь-яка з цих характеристик після процедури розрахунку може бути відображена на ділянках моделі у наочному вигляді. Моделі побудовані на відомих рівняннях, зокрема на рівнянні Нав'є-Стокса,

$$\frac{\partial \rho V}{\partial t} + \nabla(\rho V \times V) = -\nabla p + \nabla((\mu + \mu_t)(\nabla V + (\nabla V)^T)) + S, \quad (8)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho V) = 0, \quad (9)$$

де джерело S дорівнює:

$$S = (\rho - \rho_{hyd})g + \rho B + R, \quad (10)$$

де $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина; $V, \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість;

∇ – оператор Гамільтона (набла-оператор);

$p, \text{Па}$ – тиск; $\mu, \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}}$ – в'язкість; $\mu_t, \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}}$ –

турбулентна кінематична в'язкість; $B, \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ –

складові від сил обертання (Коріоліса і відцентрової),

$$B = -2\omega \times V - \omega \times \omega \times r, \quad (11)$$

$\omega, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ – кутова швидкість; $r, \text{м}$ – радіус.

Другим рівнянням у системі приймається "рівняння суцільності потоку".

Було досліджено щільове сопло з трьома варіантами введення стиснутого повітря (рис. 5). У всіх варіантах діаметр труб 10мм, розміри сопла на виході 240мм на 1мм. Геометрію будували в Kompas-3D LT (версія учбова, розповсюджується безкоштовно).

Варіанти були зіставлені для нормальної масової швидкості $1600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$. При цьому

густина на вході складала $5,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, масова витрата – $0,126 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$.

Об'ємна витрата (на вході)

при цьому складає $0,022 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$, надлишковий

тиск на вході – $0,35 \text{ МПа}$ ($\approx 3,5 \text{ атм}$), швидкість на вході складає близько 280 м/с . Ці характеристики відповідають характеристикам цехової пневматичної магістралі на заводах силікатної цегли. У кожній з задач було виконано не менше 4000 ітерацій (час кожного розрахунку на комп'ютері 6-9 годин). Результат розрахунку – модель процесу, яка виражається у його характеристиках (тиск, швидкість у будь-якому напрямку, температура, ентальпія, густина та ін.). Модель можна миттєво візуалізувати у ви-

гляді градієнтної заливки, графіка, гістограми та ін.

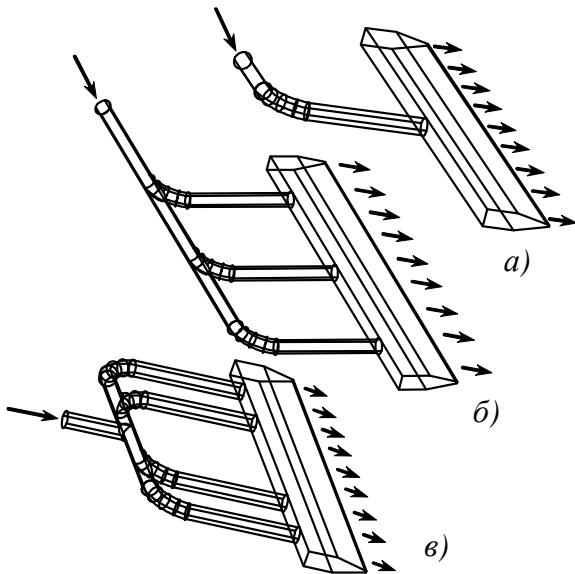


Рис. 5. Варіанти введення повітря до щільового сопла: *а* – введення тільки через центральну трубку; *б* – введення через бокову трубку з відводом до трьох (або чотирьох) живильних трубок послідовно; *в* – центральне введення до розподільчальної труби та розгалуження до чотирьох живильних трубок

На рис.6 та рис.7 наведено картини розподілу швидкості повітря на виході з сопла для варіантів “*а*” і “*б*”, а на рис.8 – відповідні графіки для варіанта “*в*”. Варіант “*в*” (рис. 8) **має достатньо стабільну по довжині сопла швидкість** (близько 220м/с). Тиск на виході із сопла при цьому складає 63000Па.

Зіставлення цієї (близько 220м/с) швидкості зі швидкостями, визначеними за формулами (6) і (7) (7,75м/с та 25м/с), доводить, що швидкість надто висока, а тиск 0,35МПа можна вважати надмірним. Тому варіант “*в*” був змодельований ще й з іншим параметром на вході (нормальна масова швидкість $400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$). При цьому густина на вході склала $1,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, масова витрата склала $0,031 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$, надлишковий тиск на вході складав 20кПа ($\approx 0,2\text{атм}$ замість 3,5атм).

Суттєво, що такий тиск може досягати вентилятором (а не дорогим в експлуатації компресором). Результат – швидкість на виході з сопла близько 95-100м/с (і

теж досить стабільна). Вона більше швидкості 25м/с, яку ми умовно вважаємо за достатню (7).

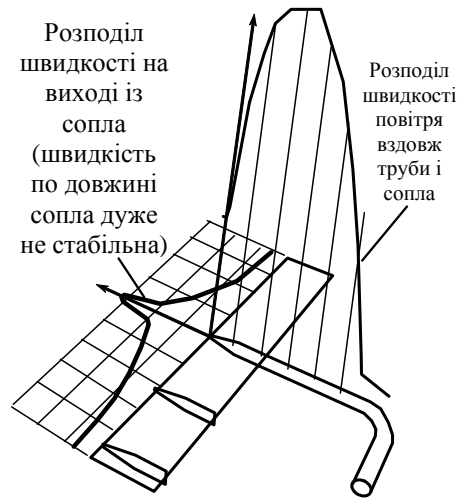


Рис. 6. Розподіл швидкостей для варіанта “*а*” (рис. 5)

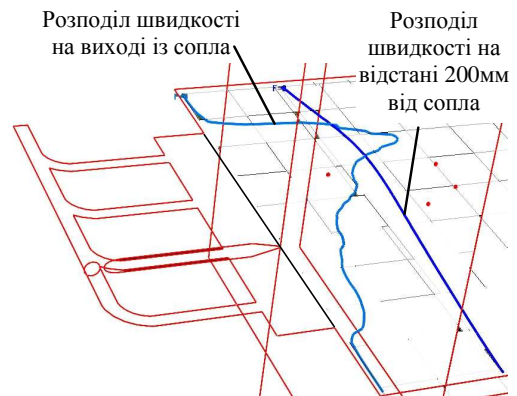


Рис. 7. Розподіл швидкостей для варіанта “*б*” (рис. 5)

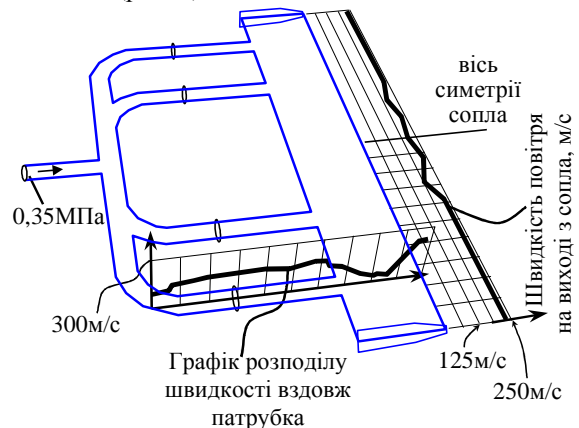


Рис.8. Графіки швидкостей вздовж живлячого патрубків та вздовж сопла (на виході з нього) для варіанта “*в*” (рис. 5)

Далі було змодельовано потік повітря, що вийшло із сопла у простір, обмежений

зверху столом преса (рис. 6), знизу – підлогою, а з боків повітря може вільно виходити. **Через те, що на розрахунки потоку всередині сопла витрачається досить багато машинного часу, а для вибраного варіанта сопла швидкість та тиск на його виході майже не залежать від його розташування, процедуру розрахунків всередині сопла виключимо із розрахунків наступних задач.** В якості сопла в наступних задачах автор розглядав поверхню у формі прямокутника довжиною 240мм і шириною 1мм (рис. 9). Довгою стороною ця поверхня (щілина сопла, через яку виходить повітря зі швидкістю 220м/с [95м/с у іншому випадку]) розташована паралельно пластині поршня, а положення самої поверхні (за її нахилом та висотою відносно пластини) може змінюватись.

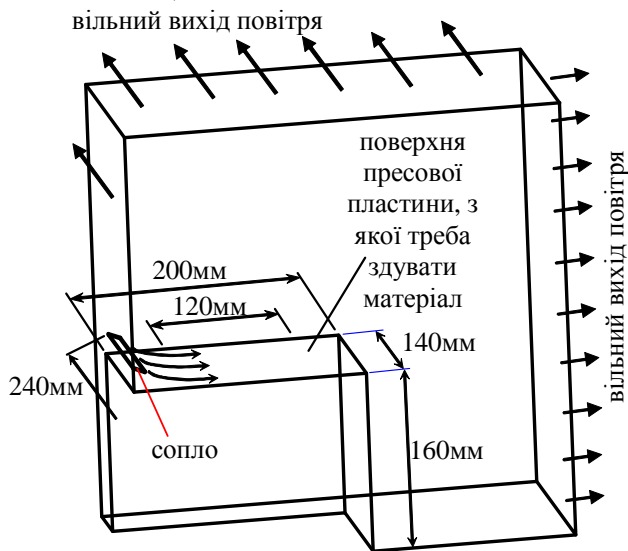


Рис. 9. 3-D-модель зони, де відбувається накопичення матеріалу та здування його (Найближча до глядача площина – площина симетрії)

З ціллю визначення раціонального положення сопла відносно поверхні, яку треба очищувати здуванням, проаналізовано варіанти кута нахилу “*K*” осі щільового сопла (рис. 3) та висоту “*B*” сопла над поверхнею пластини поршня. Межі варіювання кута нахилу - від 0 до 45°; межі варіювання висоти – від 0 до 30мм. Критерієм ефективності очищення вважали швидкість повітря вздовж поверхні пресової пластини (рис. 9) на висоті 1мм від поверхні. *Кількісною мірою оцінки ефективності очищення запропоновано вважати середню (“інтеграль-*

ну”) швидкість на ділянці пластини на довжині 120мм, причому розташованій будь-де на довжині пресової пластини; суттєво, щоб саме на цій ділянці швидкість була максимальною (рис. 10). Значення 120мм обране тому, що його достатньо для опирання ніжок штампів на поверхню пластини.

Для дослідження впливу двох параметрів (кута нахилу щільового сопла та висоти його над поверхнею поршня) на ефективність очищення на створеній комп’ютерній моделі було проведено двохфакторний планований експеримент, план якого наведено в табл. 1.

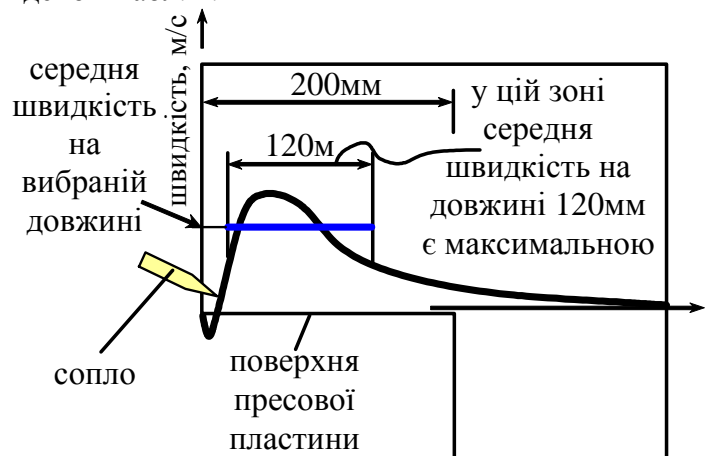


Рис. 10. Ілюстрація до визначення інтегральної швидкості

За процес досліджень кожний з факторів знаходився або на верхньому, або на нижньому рівні, або в центрі плану.

Наприклад, кут нахилу щільового сопла (“*K*”) в експерименті набував значень: 0°, 22,5° і 45° (три рівні). У кодованому вигляді вони записувалися як -1, 0, +1 (див. таблицю, стовпчик “Фактор 1”).

Висота сопла над поверхнею поршня (“*B*”) в експерименті приймала значення 0, 15мм і 30мм. У кодованому вигляді вони записувалися як -1, 0, +1 (див. табл., стовпчик “Фактор 2”).

План реалізувався наступним чином:

Перший експеримент (табл.1) – фактор 1 знаходився на рівні +1 (кут нахилу 45°), фактор 2 знаходився на рівні +1 (висота сопла 30мм). І таке інше за цим принципом.

Таблиця 1
Вихідних даних, кодування факторів та значення швидкості

Номер варіанта	Значення фактора				Результат	
	Фактор 1 (кут)		Фактор 2 (висота сопла)		Значення "інтегральної швидкості", м/с, Y	
	Натуральне значення, град	Кодоване, X ₁	Натуральне значення, мм	Кодоване, X ₂	"Експериментальне" (за моделлю течії)	Аналітичне (за регрес. моделлю)
1	45	+1	30	+1	58	63,9
2	45	+1	0	-1	115	116,2
3	0	-1	0	-1	116	116,6
4	0	-1	30	+1	22,5	27,8
5	45	+1	15	0	75	67,9
6	0	-1	15	0	56	50,1
7	22,5	0	30	+1	62	50,79
8	22,5	0	0	-1	123	121,3
9	22,5	0	15	0	51	63,9

На рис. 11 – приклад візуалізації моделі.

Для кожного з розглянутих експериментів кількість виконаних ітерацій була не менше 1000. Після тисячної ітерації для даних випадків процес виглядав як такий, що установився.

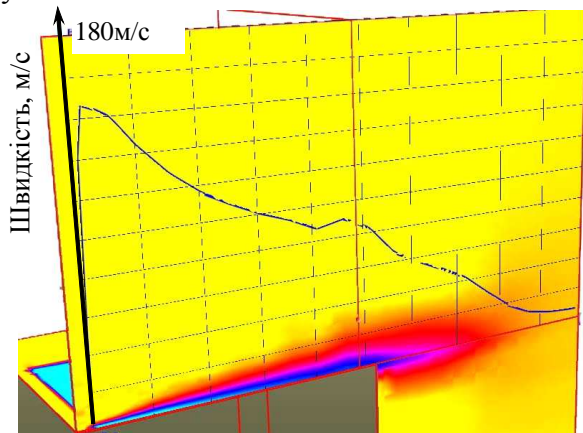


Рис. 11. Експеримент "3" (кут 0, висота 0), модель на ітерації 560

На рис.12 – наведено приклад залежності, що досліджується. Кожний з експериментів використовувався для визначення "інтегральної" швидкості (графіки за іншими експериментами не наведені в тексті даної статті для економії місця). Ці значення "інтегральної" швидкості наведено у таблиці у

передостанньому стовпці. Застосовуючи їх, одержали рівняння регресії /формула (12)/.

$$y = 63,93 + 8,82 \cdot x_1 - 35,25 \cdot x_2 - 4,92 \cdot x_1^2 + 22,1 \cdot x_2^2 + 9,125 \cdot x_1 \cdot x_2. \quad (12)$$

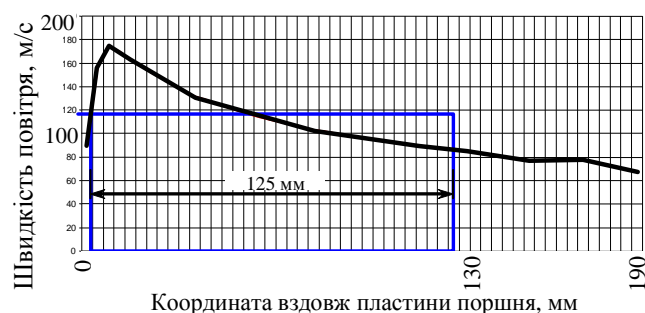


Рис. 12. Експеримент "3" (кут 0, висота 0); графік залежності швидкості (м/с) від координати вздовж пластини (мм) для ітерації 5414

За цим рівнянням регресії розраховано значення функції для розглянутих варіантів та занесено до таблиці (останній стовпчик).

Очевидно, що вибір іншого інтервалу довжини (не 120мм) дозволив би зменшити похибку. Але, враховуючи навіть відносну похибку у 10% (між значеннями в останньому та передостанньому стовпцях), можна вважати, що **модель є придатною для якісного аналізу факторів**. Крім того, суттєво, що **в зонах відносно великих швидкостей (які найбільш цікаві для нас) похибка є набагато меншою, ніж 10%**.

На основі моделі (12) побудовано двомірні графіки залежностей функції (інтегральної швидкості) від кута нахилу сопла (при сталих значеннях висоти), а також від висоти (при сталому значенні кута). Графіки (не увійшли до складу статті) дозволили зробити наступні висновки. Найкращий варіант – сопло на рівні з пластиною поршня, кут нахилу близько 20° (восьмий експеримент). Дуже ефективним є також варіант: кут 0, висота 0. Але в обох варіантах швидкість повітря на рівні 1мм над поршнем по всій довжині поршня більше 80м/с.

Описані в статті дослідження дозволили запропонувати оптимальний варіант очищувача пластин поршня від матеріалу. Очищувач було впроваджено на Курязькому заводі силікатних виробів (м. Харків).

Висновки

1. Розглянуто причини нестабільності якості цегли, що виробляється на револьверному пресі.

2. Запропоновано пристрій у вигляді щільового сопла для очищення пластин штампів від матеріалу, що насипається на них, спричиняючи нестабільність якості виробів.

3. Аналітично визначено діапазон швидкості повітря, який є необхідним для функціонування пристрою.

4. Запропоновано для моделювання потоків, що спрямовані на очищення пластин, застосовувати систему моделювання руху рідин та газів, засновану на методах кінцевих елементів.

5. Запропоновано задачу введення стиснутого повітря у сопло та видачу струменя повітря у простір розглядати як дві задачі з метою зменшення розрахункового (машинного) часу.

6. Змодельовано три варіанти введення повітря з надлишковим тиском 3,5атм у різні системи живильних труб щільового сопла. Обрано найбільш раціональну систему.

7. Змодельовано варіанти введення повітря з надлишковим тиском 0,4атм та 0,2атм у щільове сопло.

8. Запропоновано як критерій ефективності очищення поверхні від матеріалу застосовувати швидкість повітря на висоті 1мм над поверхнею.

9. Змодельовано різні варіанти розташування щільового сопла відносно очищуваної поверхні. Визначено рівняння регресії (функція відгуку – інтегральна швидкість повітря на висоті 1мм на довжині 120мм).

10. Визначено оптимальне положення сопла відносно очищуваної поверхні.

11. Доведено, що для очищування може бути застосовано повітря з тиском, значно меншим, ніж у цеховій магістралі силікатного заводу. Наприклад, можливе застосування вентиляторів високого тиску (замість компресорів), що суттєво здешевлює технологію.

Література

1. *Савченко О.Г.* Обладнання комплексів для виробництва будівельних дрібноштучних стінових виробів / Савченко О.Г. – Харків, Тимченко, 2006. – 416 с.
2. *Пат. 67803 UA, МКІ В28В 3/10.* Прес напівсухого пресування/ *Болотських М.С., Федоров Г.Д., Савченко О.Г., Крот О.Ю., Саєнко Л.В.* - №2001042770; заявл. 24.04.2001; опубл. 15.07.2004. Бюл. №7.
3. *Крот О.Ю.* Розробка і аналіз математичної моделі процесу напівсухого пресування цегли/ *А.М. Тимощенко, О.Г. Савченко, О.Ю. Крот*// Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск "Хімія, хімічна технологія та екологія". - Харків: НТУ "ХПІ". - 2005. – № 27. – С.94-98.
4. *АС SU 1240598 А1, МКІ В28В 3/00.* Прес полусухого пресування/ *Ковш В.М., Ушапов В.И., Левина Л.А., Зуев Н.В.*- №3828970/29-33; заявл. 22.10.1984; опубл. 30.06.1986. Бюл. №24.
5. *Сапожников М.Я.* Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций/ *М.Я. Сапожников* – М.: Высшая школа, 1971. –382с.

Рецензент: Ф.А. Стоянов, д.т.н., проф.
(ХДТУБА, Харків)

Отримано: 03.12.2010 р.