

Кривопляс-Володіна Л. О.

Деренівська А. В.

Національний університет
vanunenv технологій

УДК 624.001.63:[828.3+833](035)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗДІЛЕННЯ ПІДПРЕСОВАНИХ СИРНИХ БЛОКІВ НА ПОРЦІЇ В ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ

В статье приведены рекомендации расчета и моделирования основных технологических этапов при разделении сырных блоков на порции.

In the article are present recommendations of calculation and modeling fundamental technological phase by division cheese blocks on to portions.

Для виробництва твердих сирів використовуються технологічні лінії, що складаються з транспортних систем - перевантажувальних пристроїв та конвеєрів з технологічним обладнанням.

Аналіз конструктивних та компоновочних схем транспортних систем виробництва твердих сирів зумовив потребу у розробці методів визначення раціональних параметрів перевантажувальних пристроїв, в яких блок сиру здійснює складний плоский рух одночасно контактуючи з кількома несучими площинами а також з пасивними і активними робочими органами. Це дозволяє забезпечувати вимоги по продуктивності технологічної лінії і передбачити у схемі компоновання уникнення явищ заторування.

Для зменшення часових затрат на загальний технологічний цикл використовують перевантажувальні пристрої в яких декілька операцій об'єднано в одну. Найбільш цікавими перевантажувальними пристроями є ті - де поєднано операції перевантаження та відокремлення порцій попередньо підпресованого сирного блоку за допомогою аісгивної напрямної при підтримці остаточного розділення використанням пасивних V-подібних напрямних.

Дослідження операцій розділення попередньо підпресованих сирних блоків на окремі порції є складним багатоетапним процесом, **метою** якого є знаходження раціональних геометричних та кінематичних параметрів з використанням функціонально-вартісного аналізу.

На основі попередніх робіт проведених на кафедрі технічної механіки та пакувальної техніки Національного університету харчових технологій, були створені математичні моделі для кожного етапу переміщення блоку сиру в

перевантажувально-розділювальних пристроях з V- подібними пасивними напрямними. Схема компоновки транспортної системи з використанням системи пасивних V-подібних напрямних наведена на рис.1.

Враховуючи конструїтивні особливості даної системи, процес переміщення сирного блоку із одночасним розділенням можна поділити на ряд етапів. На **першому етапі** (рис.1) відбувається перевантаження розрізаного блоку сиру з подавального конвеєру 4, типу рольганг, на проміжний стрічковий конвеєр 5. **Другий** етап характеризується рівномірним прямолінійним рухом попередньо розрізаного, але ще не розділеного на окремі порції сирного блоку на стрічковому конвеєрі 5.

На **третьому етапі** відбувається удар блоку сиру по V- подібній напрямній 6. На **четвертому етапі** відбувається поворот розрізаного, але не поділеного на порції, блоку сиру. **П'ятий етап** характеризується процесом відокремлення порцій сиру. При цьому порція 11 прямує на орієнтування V- подібною напрямною 7, а порція 10 затримується V-подібною напрямною 6. На **шостому етапі** відбувається складний плоский рух: поворот порцій 10, 11 при одночасному їх ковзанні по V- подібним напрямним відповідно 6, 7. При цьому порція 11 центрується і прямує на наступні технологічні операції. На **сьомому етапі** відокремлені сирні

порції 10, 11 з певним кроком подаються на відповідний роликівий конвеєр 8.

При дослідженні процесу розділення та орієнтування сирних блоків в перевантажувальній системі необхідно правильно обрати геометричні розміри V-подібних напрямних, їх взаємне розташування та швидкість руху стрічки конвеєра 5 (рис.1).

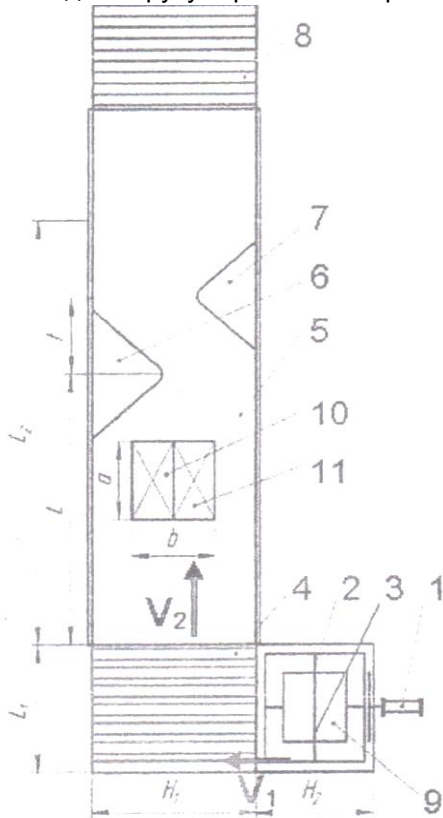


Рис. 1. Схема транспортної системи з системою пасивних V-подібних напрямних: 1 - штоухач; 2 - пристрій для розрізання блоку сиру; 3 - ніж; 4 - подавальний роликівий конвеєр; 5 - проміжний стрічковий конвеєр; 6, 7 - V-подібні напрямні; 8 - відповідний роликівий конвеєр; 9 - попередньо розрізаний блок сиру; 10, 11 - порції сиру

Щоб спростити вид математичних моделей етапів переміщення блоку сиру прийнято такі припущення, які дозволять не змінюючи суттєво фізичну суть і характер досліджуваного процесу, побудувати його математичну модель: - вантажі є пружно-пластичними тілами, що мають форму паралелепіпеда та рівномірно заповнені однорідною продукцією; центр ваги вантажу співпадає з його геометричним центром; значення коефіцієнтів тертя-ковзання f_1 , f_2 , f_3 , f_4 , f_5 , f_6 , f_7 , f_8 , f_9 , f_{10} , f_{11} , f_{12} , f_{13} , f_{14} , f_{15} , f_{16} , f_{17} , f_{18} , f_{19} , f_{20} , f_{21} , f_{22} , f_{23} , f_{24} , f_{25} , f_{26} , f_{27} , f_{28} , f_{29} , f_{30} , f_{31} , f_{32} , f_{33} , f_{34} , f_{35} , f_{36} , f_{37} , f_{38} , f_{39} , f_{40} , f_{41} , f_{42} , f_{43} , f_{44} , f_{45} , f_{46} , f_{47} , f_{48} , f_{49} , f_{50} , f_{51} , f_{52} , f_{53} , f_{54} , f_{55} , f_{56} , f_{57} , f_{58} , f_{59} , f_{60} , f_{61} , f_{62} , f_{63} , f_{64} , f_{65} , f_{66} , f_{67} , f_{68} , f_{69} , f_{70} , f_{71} , f_{72} , f_{73} , f_{74} , f_{75} , f_{76} , f_{77} , f_{78} , f_{79} , f_{80} , f_{81} , f_{82} , f_{83} , f_{84} , f_{85} , f_{86} , f_{87} , f_{88} , f_{89} , f_{90} , f_{91} , f_{92} , f_{93} , f_{94} , f_{95} , f_{96} , f_{97} , f_{98} , f_{99} , f_{100} .

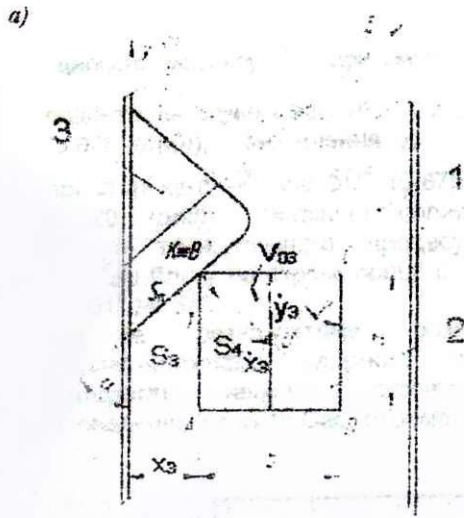
ковзання f_2 та тертя між порціями попередньо підпресованого сирного блоку f_c не є

$$\text{однаковим: } \begin{cases} f_1 < f_2 \\ f_c < f_2. \end{cases}$$

Вихідними даними до розрахунку основних етапів розділення блоку є: геометричні розміри блоку сиру: a – довжина, b – ширина, h – висота, m – маса блоку сиру, $\delta=0$ (мм); відстань між стрічкою конвеєра та роликом рольганга; та конструктивні параметри подавального роликівого конвеєра (n_p - кількість роликів; S_p - крок між роликами; d_p - зовнішній діаметр ролика; L_p - довжина конвеєра).

Використовуючи методику побудови математичних моделей приведена в роботі [1], по черзі знаходяться кінематичні і динамічні параметри всіх етапів. Як приклад, наведемо розрахункові схеми двох проміжних етапів розділення сирного блоків на окремі порції – третій і четвертий етапи. Так як на даних етапах відбувається ударна взаємодія між блоком сиру і нерухомою напрямною площиною (рис.2), то початкові умови процесу можна описати як:

початкові координати центра мас блоку сиру руху вантажу в системі XOY: $x_{n3} = x_{k2}$; $y_{n3} = y_{k2}$; початковий час етапу $t_{n3} = t_{k2}$; $\varphi_{n3} = \varphi_{k2} = 0$; кут між гранню блоку сиру AD та віссю OX системи координат XOY; кінематичні параметри вантажу: $\dot{x}_{n3} = \dot{x}_{k2} = 0$ (м/с); $\dot{y}_{n3} = \dot{y}_{k2} = V_2$; швидкість блоку сиру відносно осі OX і OY; $\dot{\varphi}_{n3} = \dot{\varphi}_{k2} = 0$; кутова швидкість блоку сиру відносно центру мас вантажу; $\ddot{x}_{n3} = \ddot{x}_{k2} = 0$; $\ddot{y}_{n3} = \ddot{y}_{k2} = 0$; (м/с²) прискорення блоку сиру відносно осі OX і OY; $\ddot{\varphi}_{n3} = \ddot{\varphi}_{k2} = 0$. кутове прискорення блоку сиру відносно центру мас сирного блоку. $\dot{\eta}$, $\dot{\xi}$ - проекції швидкостей центра мас сирного блоку після удару; S_η , S_ξ - проекції ударного імпульсу S відповідно на осі O η та O ξ прикладеного до певної точки вантажу, т. В; C - діагональ опорної поверхні вантажу; f_3 - коефіцієнт тертя ковзання вантажу по V- подібній напрямній; k - коефіцієнт відновлення швидкості при ударі вантажу по V- подібній напрямній.



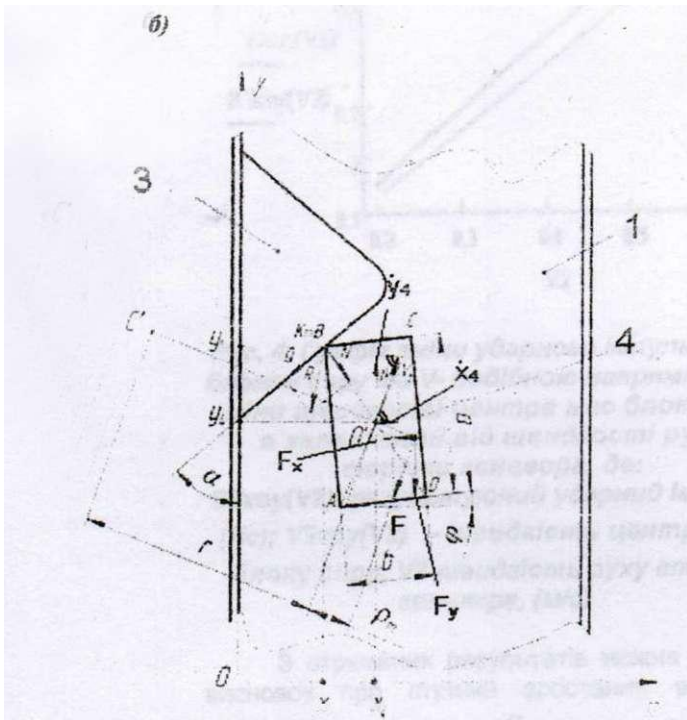
Використовуючи методику отримання кінцевих рівнянь для визначення параметрів руху вантажу на стрічковому конвеєрі після удару по нерухомій напрямній приведена в роботі [1,21... отримавмо:

$$\eta = V_2 \cdot \sin \alpha \cdot \left\{ \frac{1+k}{1+1.5 \cdot [2 \cdot \cos^2(\alpha+\gamma) - f_3 \cdot \sin(2 \cdot (\alpha+\gamma))]} - 1 \right\}$$

$$\xi = V_2 \cdot \cos \alpha \cdot \left\{ 1 - \frac{f \cdot (1+k) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{1+1.5 \cdot [2 \cdot \cos^2(\alpha+\gamma) - f_3 \cdot \sin(2 \cdot (\alpha+\gamma))]} \right\}$$

$$S_{\eta} = \frac{m \cdot V_2 \cdot (1+k) \cdot \sin \alpha}{1+1.5 [2 \cdot \cos^2(\alpha+\gamma) - f_3 \cdot \sin(2 \cdot (\alpha+\gamma))]} \quad (1)$$

$$S_{\xi} = \frac{m \cdot V_2 \cdot f \cdot (1+k) \cdot \sin \alpha}{1+1.5 [2 \cdot \cos^2(\alpha+\gamma) - f_3 \cdot \sin(2 \cdot (\alpha+\gamma))]}$$



За допомогою прикладного пакету Math Cad побудуємо графіки зміни кінематичних параметрів руху блоку сиру на третьому етапі від кута нахилу V- подібної напрямної та швидкості руху стрічки конвеєра (рис.3-4).[4]

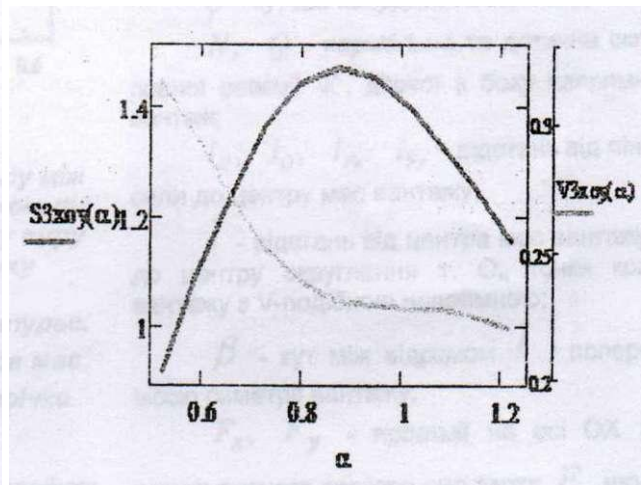


Рис. 3. Графік зміни ударного імпульсу між блоком сиру та V- подібною напрямною і зміни швидкості центра мас блоку сиру в залежності від кута нахилу напрямної, де: S3xou(alpha) - результуючий ударний імпульс, (He); V3xou(alpha) - швидкість центра мас блоку сиру, (м/с); alpha - кут нахилу V- подібної напрямної, (град)

Л- <1.
Рис. 2. Розрахункові схеми до проміжних етапів переміщення блоку сиру в перевантажувально-розділювальному пристрої з пасивними V- подібними напрямними: а - розрахункова схема третього етапу; б - розрахункова схема четвертого етапу, де: 1-подавальний ролик конвеєр; 2- проміжний стрічковий конвеєр; 3- попередньо підпресований і розрізаний блок сиру; 4- відокремлена порція сиру

За отриманими результатами розрахунку [рис. 3) чітко відстежується зростання значення

ударного імпульсу S_3 при зміні кута нахилу V-подібних напрямних від 30° (0,523 (рад)) до 50° (0,875 (рад)), і зменшення ударного імпульсу при зміні кута α від 50° (0,875 (рад)) до 70° (1,220 (рад)). Найбільш сприятливим для даного технологічного процесу розділення сирного блоку на окремі порції є кут напрямної від 51° до 65° .

За результатами розрахунків по взаємозалежності ударного імпульсу від швидкості несучої стрічки конвеєру, проведеними в Math Cad, отримали (рис. 4)

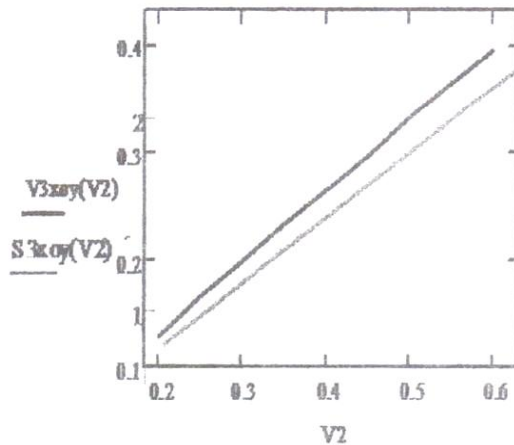


Рис. 4. Графік зміни ударного імпульсу між блоком сиру та V-подібною напрямною та зміни швидкості центра мас блоку сиру в залежності від швидкості руху стрічки конвеєра, де: $S_{3хоу}(V_2)$ - результуючий ударний імпульс, (Нс); $V_{3хоу}(V_2)$ - швидкість центра мас блоку сиру, V_2 - швидкість руху стрічки конвеєра, (м/с)

З отриманих результатів можна зробити висновок про стрімке зростання величини ударного імпульсу S_3 при збільшенні швидкості стрічки конвеєра. При врахованих результатах можна зробити висновок, що найоптимальніший діапазон швидкості при операції розділення для такого продукту, як блок сиру, - від 0,3 (м/с) до 0,4 (м/с).

З аналізу графіків видно, що для перевантажувального пристрою з V-подібними напрямними сприятливими будуть такі значення: кут нахилу стінки V-подібної

напрямої $\alpha = 55^\circ$; швидкість стрічки проміжного конвеєра $V_2 = 0,35$ (м/с).

На четвертому етапі (рис. 2, б) відбувається поворот розрізаного, але не поділеного на порції, блоку сиру. Зі сторони упору на вантаж діє нормальна складові N та дотична - Q повної реакції R [3,4ге] Ковзання вантажу по напрямній не буде відбуватись до тих пір коли не порушиться умова:

$$Q \leq f_3 \cdot N,$$

де f_3 - коефіцієнт тертя ковзання блоку сиру по V-подібній напрямній.

Рух вантажу можна описати такими рівняннями:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = N \cdot \sin\varphi - Q \cdot \cos\varphi - F_x; \\ m\ddot{y} = -N \cdot \cos\varphi - Q \cdot \sin\varphi + F_y; \\ \ddot{\alpha}J = N \cdot l_N \cdot \sin\beta + Q \cdot l_Q \cdot \cos\beta - M. \end{cases} \quad (2)$$

де x, y - координати центру мас вантажу;

φ - кутова координата вантажу;

N, Q - нормальна та дотична складові повної реакції R , діючої з боку напрямної на вантаж;

$l_N, l_Q, l_{F_x}, l_{F_y}$ - відстань від лінії дії сили до центру мас вантажу;

l - відстань від центра мас вантажу т. O_0 до центру округлення т. O_n точки контакту вантажу з V-подібною напрямною;

β - кут між відрізком l і поперечною віссю симетрії вантажу;

F_x, F_y - проекції на осі OX та OY

результуючого вектора сил тертя F , що діє на опорну поверхню вантажу з боку стрічки конвеєра;

M - момент сил тертя, що перешкоджає повороту вантажу на стрічці конвеєра і приведений до геометричного центру опорної поверхні вантажу.

J - момент інерції вантажу

c - діагональ опорної поверхні вантажу.

У кінцевому вигляді математична модель приймає такий вигляд:

Виконані аналітичні дослідження перевантажувально-розділювальних операцій

$$\begin{aligned}
 \ddot{x}_4 &= \frac{1}{m_n} \left(\left(m_n \cdot g \cdot f_2 \cdot th \left(k_1 \cdot \frac{c}{2} \right) \cdot \cos(\alpha + \varphi + \gamma) + \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + m_n \cdot (\ddot{x}_4 \cdot \cos \alpha - \ddot{y}_4 \cdot \sin \alpha) \right) \times \right. \\
 &\quad \left. \times (\cos \alpha - f_3 \cdot \sin \alpha) - m_n \cdot g \cdot f_2 \cdot th \left(k_1 \cdot \frac{c}{2} \right) \cdot \cos(\varphi + \gamma) \right); \\
 \ddot{y}_4 &= \frac{1}{m_n} \left(\left(-m_n \cdot g \cdot f_2 \cdot th \left(k_1 \cdot \frac{c}{2} \right) \cdot \cos(\alpha + \varphi + \gamma) + \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + m_n \cdot (\ddot{x}_4 \cdot \cos \alpha - \ddot{y}_4 \cdot \sin \alpha) \right) \times \right. \\
 &\quad \left. \times (\sin \alpha + f_3 \cdot \cos \alpha) - m_n \cdot g \cdot f_2 \cdot th \left(k_1 \cdot \frac{c}{2} \right) \cdot \sin(\varphi + \gamma) \right); \\
 \ddot{\phi}_4 &= \frac{\left(m_n \cdot g \cdot f_2 \cdot th \left(k_1 \cdot \frac{c}{2} \right) \cdot \cos(\alpha + \varphi + \gamma) + \right. \\
 &\quad \left. + m_n \cdot (\ddot{x}_4 \cdot \cos \alpha - \ddot{y}_4 \cdot \sin \alpha) \right) \times \\
 &\quad \times \frac{\left(\frac{c}{2} \cdot \sin(\gamma + \phi + \alpha - 90^\circ) + f_3 \cdot \frac{c}{2} \cdot \cos(\gamma + \phi + \alpha 90^\circ) \right)}{\frac{m_n \cdot c^2}{12}} \\
 &\quad \times \frac{\left(m_n \cdot g \cdot f_2 \cdot th \left(k_1 \cdot \frac{c}{2} \right) \cdot \rho_m \right)}{\frac{m_n \cdot c^2}{12}}; \\
 N &= m_n \cdot g \cdot f_2 \cdot th \left(k_1 \cdot \frac{c}{2} \right) \cdot \cos(\alpha + \varphi + \gamma) + \\
 &\quad + m_n \cdot (\ddot{x}_4 \cdot \cos \alpha - \ddot{y}_4 \cdot \sin \alpha); \\
 Q &= f_3 \cdot \left(m_n \cdot g \cdot f_2 \cdot th \left(k_1 \cdot \frac{c}{2} \right) \cdot \cos(\alpha + \varphi + \gamma) + \right. \\
 &\quad \left. + m_n \cdot (\ddot{x}_4 \cdot \cos \alpha - \ddot{y}_4 \cdot \sin \alpha) \right).
 \end{aligned} \tag{3}$$

Умова закінчення етапу:
 $\varphi_{x4} = 90^\circ - \alpha$.

в пристрої з V- подібними напрямними та активним упором, результатом яких є кінцеві формули, вирази, графіки дають змогу за заданих вихідних даних обґрунтовано вибрати

№ 3 (52) Вібрації в техніці 200g та технологіях

геометричні і кінематичні параметри як пристрою, так і руху вантажу.

При виборі оптимальних геометричних і кінематичних параметрів пристрою з V- подібними напрямними основним фактором є вибір мінімального ударного імпульсу, для забезпечення цілісності блоку сиру при контакті з елементами перевантажувального пристрою; а також підбір діапазону значень швидкості руху проміжного стрічкового конвеєра.

Аналіз конструкцій та існуючих методик розрахунку перевантажувальних пристроїв [1-5] показав наявність недоліків в конструкції перевантажувально-розділювальних пристроїв і дав можливість узагальнити і доповнити існуючі методики по дослідженню подібних перевантажувально-розділювальних операцій.

Література

1. Кривопляс А.П. Пакетоформирующие машины / Кривопляс А.П., Кукибный А.А., Беспалько А.П., Буров А.А. - М.: Машиностроение, 1982. - 239с.
2. Ивановский К.Е. Перегрузочные устройства конвейеров штучных грузов/ Ивановский К.Е., Оболенский А.С. - М.: Машиностроение, 1966. - 208с.
3. Дащенко А.И. Проектирование автоматических линий / Дащенко А.И., Белоусов А.П.: М.:Высш. школа, 1983.-328С.
- 4., Гавва О.М., Кривопляс-Володіна Л.О. Перевантаження вантажів у потоково-транспортних системах одного рівня // Наукові праці НУХТ, 2004, № 2 - С.17-21
5. Левачев Н.А. Механизация погрузочно- разгрузочных, транспортных и складских работ в пищевой промышленности / М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.- 183с.