

**Міністерство аграрної політики України**



**ПРАЦІ**  
Таврійського державного  
агротехнологічного університету

**Випуск 10 Том 1**

**Наукове фахове видання**

**Мелітополь – 2010 р.**

УДК 621.311:631

**ПЗ.8**

Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет –  
Вип.10. Т. 1 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010.– 204 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 7 від 02 лютого 2010 р.

У випуску наукових праць друкуються матеріали за результатами досліджень вчених України в галузі механізації сільського господарства, переробки сільськогосподарської продукції, енергетики та автоматизації процесів сільськогосподарського виробництва.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. – к.т.н., професор, ректор ТДАТУ (головний редактор);  
Надикто В.Т. – д.т.н., професор (заст. головного редактора); Діордієв  
В.Т. – к.т.н., професор, (відповідальний секретар); Дідур В.А. – д.т.н.,  
професор; Кушнар'єв А.С. – чл.-кор. УААН, д.т.н., професор;  
Найдиш А.В. – д.т.н., професор; Овчаров В.В. – д.т.н., професор;  
Панченко А.І. – д.т.н., професор; Яковлев В.Ф. – к.т.н., професор;  
Рогач Ю.П. – к.т.н., професор; Скляр О.Г. – к.т.н., доцент;  
Тарасенко В.В. – д.т.н., професор; Ялпачик Ф.Ю. – к.т.н., доцент.

Відповідальний за випуск – к.т.н., доцент Ялпачик Ф.Ю.

Адреса редакції: ТДАТУ

Просп. Б. Хмельницького 18,  
м. Мелітополь, Запорізька обл.,  
72312 Україна

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний  
агротехнологічний університет, 2010.

УДК 641.437.075.8

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМАЦІЇ У ЯГОДІ ВИНОГРАДУ ПРИ ЗАМОРОЖУВАННІ

Малкіна В.М. д.т.н.,  
Ялпачик В.Ф. к.т.н., докторант

*Таврійський державний агротехнологічний університет*  
Тел.(0619) 42-13-06

**Анотація** – дану роботу присвячено розробці заходів спрямованих на поліпшення товарного виду плодоовочевої продукції при зберіганні в замороженому стані. У статті представлені теоретичні дослідження, які дозволяють зробити висновок, що заморожування та дефростацію слід проводити за таких умов, коли внутрішній тиск дорівнює зовнішньому тиску.

**Ключові слова** – модель плода, оболонка, пружне тіло, нормальне напруження, внутрішній тиск, зовнішній тиск, напружено-деформований стан.

**Постановка проблеми.** В даний час якість і кількість втрати плодоовочевої продукції в період зберігання по приблизним підрахункам складають до 25% зібраного врожаю. Тому перед аграріями поставлена задача забезпечення населення свіжими плодами і зберігання цілющих властивостей їх не тільки в літньо - осінній але й у зимовий період. Збільшення терміну зберігання плодів можливо за рахунок його низькотемпературного заморожування.

**Аналіз останніх досліджень.** Проведені дослідження з вибору режимів заморожування сільськогосподарської продукції, з метою тривалого зберігання в замороженому виді, показали, що процес заморожування варто проводити в два етапи. [1]

Спочатку продукцію слід охолоджувати до 5-7 °С, а потім у морозильній камері заморожувати до мінус 20 °С і залишати на тривале зберігання. Причому, як показали дослідження [1] фізико-механічні і біохімічні властивості продукції змінювались незначно. Після дефростації в воді плоди трохи змінювали свій вид, вони мали морщини, підсилювалася соковіддача. На наш погляд, це можна пояснити неправильним вибором режимів заморожування та дефростації.

**Формування цілей статті.** Метою даної роботи є розробка способу заморожування та дефростації плодів на прикладі ягід винограду при якому не буде відбуватися клітинних структур плоду.

**Основна частина.** Моделювання процесу деформації і напруги в ягоді винограду розглянемо з позиції теорії положистих оболонок двоякої кривизни, вважаючи модель плоду як оболонку, заповнену однорідною гетерогенною сумішшю.

У першому наближенні розглянемо модель плоду як оболонку, заповнену однорідною гетерогенною сумішшю. На оболонку діють сили  $P_e$  (Рис.1), що рівномірно розподілені по поверхні оболонки, при чому ці сили перевищують сили атмосферного тиску, що діють на зовнішню сторону оболонки. У тім, що внутрішні сили перевищують зовнішні, свідчить той факт, що плід свою форму не змінює, тобто можемо записати

$$P_e > P_{at.}$$

Будь-який плід складається з води і сухих речовин, причому вода складає від 83 до 96%.

Відомо, що при заморожуванні обсяг води збільшується від 6 до 10% [2,3], отже збільшується внутрішній тиск на стінки оболонки.

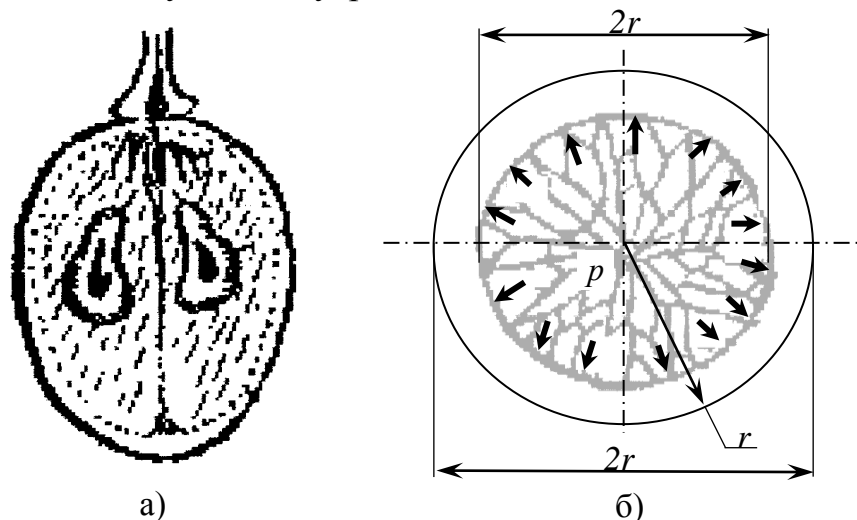


Рис. 1. Ягода винограду (а) і схема її нагрівання (б)

З погляду теорії оболонок (ТО) ягоду будемо розглядати як пружне тіло, обмежене двома сферами, відстань між якими - товщина шкірки  $h=0,1$  мм. Середина поверхня оболонки-ягоди - сфера радіуса  $R_c=10$  мм, як видно  $h$  істотно менше  $R_c$ .

Так як відношення товщини оболонки до найменшого радіуса кривизни (який збігається з радіусом сфери  $R$ )  $\frac{h}{R} = \frac{0,1}{10} = 0,01$ , то розглянуту оболонку відносимо до класу тонких.

Припустимо, що матеріал оболонки ізотропний і підкоряється законові Гука (що можна скласти з експериментальних досліджень).

Якщо рівняння серединної поверхні оболонки в декартовій системі координат [4,5].

$$\tilde{\sigma}^2 + \hat{\sigma}^2 + z^2 = R^2,$$

то її кривизни

$$k_x = \frac{\partial^2 z}{\partial \tilde{\sigma}^2} - \text{кривизна серединної поверхні по напрямку осі ОХ};$$

$$k_{\hat{\sigma}} = \frac{\partial^2 z}{\partial \hat{\sigma}^2} - \text{кривизна серединної поверхні по напрямку осі ОУ};$$

$$k_{\tilde{\sigma}\hat{\sigma}} = \frac{\partial^2 z}{\partial \tilde{\sigma} \partial \hat{\sigma}} - \text{кривизна кручення}.$$

Можна вважати, що, по-перше, нормальний до серединної поверхні оболонки прямокутний елемент до деформації залишається прямолінійний і нормальним до деформованої серединної поверхні, по-друге, нормальна напружка, що діє на майданчиках, паралельних серединній поверхні оболонки, нехтує малі й у розрахунках їх можна не враховувати.

Таким чином, вважаємо, що гіпотези Кирхгоффа, які лежать в основі технічної теорії оболонок виконуються.

Напружено-деформований стан пологих оболонок в декартовій системі координат, як відомо, описується системою диференціальних рівнянь у вигляді:

статичне рівняння рівноваги

$$D \nabla^2 \nabla^2 w - \nabla_k^2 \varphi - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + 2 \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - q = 0, \quad (1)$$

геометричне рівняння спільності деформацій

$$\frac{1}{Eh} \nabla^2 \nabla^2 \varphi + \nabla_k^2 w + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 = 0, \quad (2)$$

де  $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$  - циліндрична твердість оболонки;

$E, \mu$  - модуль пружності і коефіцієнт Пуассона матеріалу оболонки;

$h$  - товщина оболонки;

$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$  - диференціальний оператор Лапласа;

$\nabla^2 \nabla^2 = \frac{\partial^4}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4}{\partial y^4}$  - бігармонійний диференціальний

оператор;

$\nabla_k^2 = k_y \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} - 2k_{xy} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} + k_x \cdot \frac{\partial^2}{\partial y^2}$  - диференціальний оператор;

$w$  - переміщення по напрямку осі Z;

$\varphi$  – функція напруження;

$q$  – інтенсивність розподілу навантаження.

Так як в нашому випадку коефіцієнт впарушенности  $\lambda = \frac{f}{h} > 6$ , ( $f=R$ ) то нелінійними членами в рівняннях (1), (2) можна нехтувати.

Оскільки, сферичні поверхні характеризується постійним радіусом кривизни на всіх напрямках, то кривизна виражається як,  $k_x = k_\delta = \frac{1}{R}$  кручення поверхні відсутнє, то  $k_{\delta\delta} = 0$  і  $k_x = k_\delta = \frac{1}{R}$ .

У результаті рівняння (1), (2) приймуть вигляд

$$D\nabla^2\nabla^2 w - \frac{1}{R}\nabla^2\varphi - q = 0;$$

$$\frac{1}{Eh}\nabla^2\nabla^2\varphi + \frac{1}{R}\nabla^2 w = 0.$$

Відносні деформації даної сферичної оболонки виражаються у вигляді:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{R}w; \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{1}{R}w; \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y},$$

де  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$  - відносні подовження по напрямку осей ОХ і ОУ;

$\gamma_{xy}$  - відносний зсув;

$u$ ,  $v$ ,  $w$  – переміщення точок серединної поверхні оболонки по напрямку осей ОХ, ОУ і ОZ.

Для випадку, коли тиск  $p$  усередині оболонки розподілений рівномірно, кільцева напруга визначається як

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{pR}{2h},$$

де  $p$  – внутрішній тиск.

Для визначення внутрішнього тиску, що виникає в оболонці ягоди у зв'язку із збільшенням об'єму за рахунок перетворення води в лід при заморожуванні, скористаємося виразом для визначення радіального переміщення

$$U_R = \frac{R\sigma}{E}(1-\mu).$$

На підставі експериментальних досліджень встановлено, що при заморожуванні розмір радіусу збільшується від  $R_1 = 8,5$  мм до  $R_2 = 10,4$  мм Таким чином  $U_R = R_2 - R_1 = 1,9$ . Звідки напругу знаходимо як

$$\sigma = \frac{EU_R}{R(1-\mu)} = \frac{0,1 \cdot 1,9}{10(1-0,4)} = 0,048 \text{ Н/мм}^2.$$

Як відомо, граничний внутрішній тиск

$$\delta_u = 2\sigma_a \frac{b-a}{b+a} = 2\sigma_a \frac{h}{R+h},$$

де  $\sigma_a$  - межа міцності при розтягуванні;

$a$  – внутрішній радіус;

$b$  – зовнішній радіус.

Для визначення  $\sigma_a$  брали шкірку (оболонку) винограду, вирізували з неї прямокутні шматочки (10x5) мм, які затискалися з двох сторін в спеціальному затиску (Рис.2). При чому затиск 2 був нерухомий, а затиск 3 рухомий.

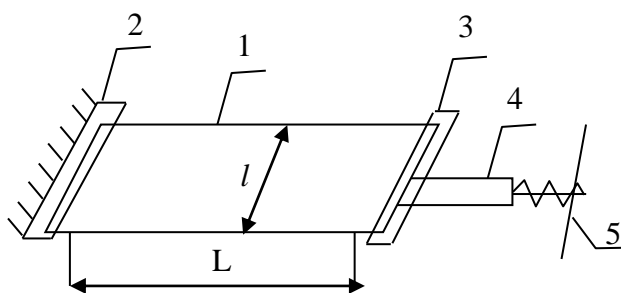


Рис. 2. Схема і фото установки для розтягування оболонки (шкірки) винограду: 1 – прямокутний шматочок шкірки винограду розміром  $L \times l$ ; 2 – нерухомий затиск; 3 – рухомий затиск; 4 – тензометрична ланка; 5 – гвинт

За допомогою гвинта 5 створювали розтягування, яке через тензометричну ланку передавалося на зразок.

Установка кріпилася на столик мікроскопа марки БМ, за допомогою якого визначали зміну розмірів  $L$  і  $l$  для різних зусиль. При зусиллі 300 г оболонка розривалася. Потім визначали  $\sigma_a$ .

Експериментальні дослідження показали, що  $\sigma_a = 0,062$  Н/мм<sup>2</sup>. Таким чином, граничний внутрішній тиск  $p_u = 0,00123$  Н/мм<sup>2</sup>.

Тоді, гранична напруга усередині ягоди  $\sigma = \frac{\delta_u \cdot R}{2h} = 0,06 \frac{I}{\ddot{u}^2}$ .

**Висновок.** Проведені дослідження показали, що усередині плоду мається внутрішній тиск, отже, заморожування і дефростацію плодів варто проводити при тиску рівному внутрішньому тискові в плодах.

## Література

1. Ялпачик В.Ф. Исследование способов замораживания баклажан / В.Ф. Ялпачик // Сучасні проблеми холодильної техніки і технології. – Одеса. – 2002. – С.122-132.
2. Антонов А.А. Совершенствование производства быстрозамороженных продуктов с использованием низкотемпературных просистем хладоснабжения: дис. доктора техн. наук:05.18.04 / А.А. Антонов –М., 2003.–350с.
3. Флауменбаун Б.Л. Основы консервирования пищевых продуктов / Б.Л. Флауменбаун, С.С. Танчев, М.А. Гришин. – Агропроиздат, 1986.-494с.
4. Малинин Н.Н. Прикладная теория упругости и пластичности / Н.Н. Малинин.–М., 1975.– 339с.
5. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности / В.И. Самуль. –М: Высшая школа, 1970.–288с.

### **МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ В ЯГОДЕ ВИНОГРАДА ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ**

Малкина В.М., Ялпачик В.Ф.

**Аннотация** - данная работа посвящена разработке мероприятий направленных на улучшение товарного вида плодовоовощной продукции при сохранении в замороженном состоянии. В статье представлены теоретические исследования, которые разрешают сделать вывод, что замораживания и дефростацию следует проводить при таких условиях, когда внутреннее давление равняется внешнему давлению.

### **PROCESS MODELING OF DEFORMATION IN VINE BERRY UNDER FREEZING**

V. Malkina. V. Yalpachik

#### *Summary*

**This work is devoted to development of measures aimed at improving salable condition of fruit and vegetable products kept frozen. This article describes theoretical researches which allow to draw the conclusion, that it is necessary to conduct freezing and defrosting under the conditions when the intrinsic pressure is equal to the external pressure.**



УДК 66.028:664.127

## ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ОБ'ЄМНИХ ДОЗАТОРІВ КРУП

Заплетніков І.М., д.т.н.,

Владіміров С.В., к.т.н.

*Донецькій національній університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського*

Тел.(062)304-50-46

**Анотація** - робота присвячена аналітичним дослідженням, що дозволяють визначати оптимальне значення тих факторів які впливають на роботу дозатора, а саме, такі як, прискорення вібратора залежно від фізико-механічних характеристик крупи, розмірів мірної ємності, діаметра заслінки.

**Ключові слова** - дозатор, крупи, вібрація, прискорення вібровпливу.

**Постановка проблеми.** З кожним роком кількість споживання круп населенням зростає. Лідерство з реалізації круп стабільно займають гречка й рис (70...80%). Питома вага інших видів круп коливається від 10% (горох - цілий і дроблений) до 2% (вівсяна, без плющеного зерна й мюслі).

У пакувальній галузі дозатор - найважливіша за своїм значенням машина. Більшість існуючих на сьогоднішній день конструкцій дозаторів являють собою досить складну фізико-механічну систему, що перебуває часом під контролем дорогих електронних і мікропроцесорних блоків управління.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз можливих напрямків створення машин для фасування круп, який виключає недоліки раніше розроблених конструкцій, показав, що найбільш ефективними є об'ємні дозатори або комбіновані (об'ємно-вагові). Разом з тим, об'ємні дозатори мають низьку точність відмірювання мас - доз, що значно впливає на продуктивність, габаритні розміри, вартість й металоємність всієї машини.

Раніше проведені авторами дослідження показали, що на точність дозування в значній мірі впливає повітря, яке знаходиться в мірній ємності. Для зменшення впливу його на роботу дозатора, запропоновано спосіб дозування круп, який полягає в тому, що мірна

ємність, яка робить кругові гармонійні коливання, заповнюється струменем фасованого тіла. Це приводить не тільки до ліквідації негативного впливу потоків повітря, але й інтенсифікує орієнтацію часток у мірній ємності під дією вібрації, при цьому підвищується точність дозування [1].

Аналізу апріорної інформації не виявив наявності теоретичних основ, які могли б сприяти створенню раціональних конструкцій об'ємних дозаторів круп з вібростабілізатором насипної маси.

**Формування цілей статті.** Осць чому метою аналітичних досліджень стало встановлення залежності для визначення прискорення вібратора з урахуванням фізико-механічних характеристик крупи, розмірів мірної ємності і діаметра заслінки.

**Основна частина.** При аналітичних дослідженнях було прийнято що:

- опір повітря незначно впливає на швидкість переміщення тіла, тому що її величина мала;
- відсутній поворот часток при взаємодії їх зі стінкою у зв'язку з тим, що при цьому необхідно перебороти не тільки силу тертя, але й нормальні сили з боку навколишніх часток;
- рух починається зі стану спокою;
- швидкості витікання крупи через отвір заслінки ( $v_z$ ) і по поверхні віброуючого сипкого тіла в мірній ємності ( $v_m$ ) однакові;
- сипке тіло надходить у мірну ємність через нерухливий отвір;

Мірна ємність робить кругові коливання, крупа розташовується в ній у вигляді сипучого тіла, товщину якого будемо вважати однакової над всією площиною поверхні, так само як гранулометричний склад і властивості часток (крупинок). Крупинки верхніх шарів більше рухливі, ніж нижні. Це пояснюється збільшенням числа зв'язків часток у міру видалення їх від вільної поверхні.

Скористаємося теорією проф. В. В. Гортинського, де розглядається продукт, як сукупність нескінченно великої кількості шарів - пластин. При цьому коефіцієнт опору зрушенню шарів безупинно зростає через вплив гравітаційних сил вище лежачих шарів сипкого тіла [2].

Пошаровий рух сипкого тіла при достатній площі опорної горизонтальної поверхні можливий тільки за умови, якщо коефіцієнт опору зрушенню нижнього шару більше коефіцієнтів опору зрушенню вище лежачих шарів. Причому при поступовому збільшенні прискорення опорної поверхні відносний рух шарів сипкого тіла починається зверху й поступово поширюється до низу. Просторова картина швидкостей всією товщиною сипкого тіла подана на рис. 1.

Відносна швидкість часток нижнього шару становить:

$$v_m = \omega \rho_m = \omega R \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{gf_o}{\omega^2 R} \right)^2 (1 + 2\xi)^2} - \frac{gf_o}{\omega^2 R} \sqrt{2\xi(1 + \xi)} \right], \frac{m}{c}. \quad (1)$$

де  $\omega$  - кутова (циклічна) частота коливань,  $c^{-1}$ ;

$\rho_m$  - радіус відносної траєкторії руху нижнього шару;

$R$  - радіус (амплітуда) коливань,  $m$ ;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $m/c^2$ ;

$\xi = \frac{f_m - f_o}{f_o}$  - наведений коефіцієнт, що враховує опір зрушенню

верхнього ( $f_o$ ) і нижнього ( $f_m$ ) шарів.

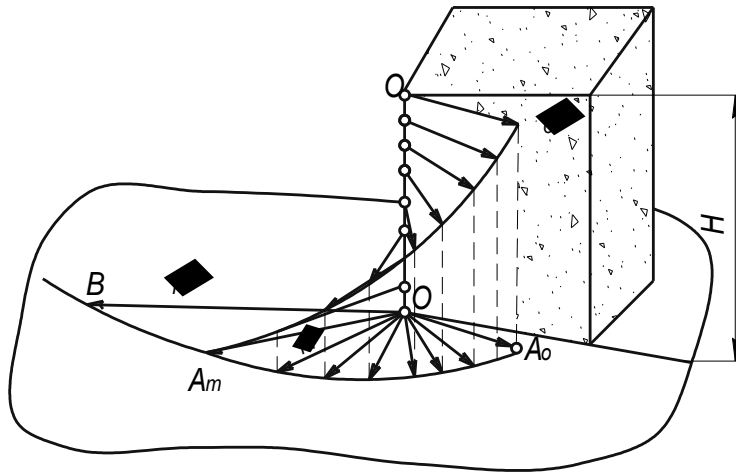


Рис. 1. Розподіл швидкостей елементарних шарів за висотою сипкого тіла

Радіус відносної траєкторії руху нижнього шару можна знайти із залежності:

$$\rho_m = \frac{v_m}{\omega}, m$$

Підставимо дане значення у формулу (1) і, зробивши найпростіші перетворення, одержимо:

$$\frac{v_m}{\omega} = R \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{gf_o}{\omega^2 R} \right)^2 (1 + 2\xi)^2} - \left( \frac{gf_o}{\omega^2 R} \right) \sqrt{2\xi(1 + \xi)} \right]. \quad (2)$$

Швидкість витікання продукту через отвір заслінки можна знайти за формулою [4]:

$$v_z = \frac{G}{\gamma_n F}, m/c, \quad (3)$$

де  $F$  - наведена площа отвору заслінки,  $m^2$ ;

$G$  - витрати продукту через отвір [3],  $kg/c$ ;

$\gamma_n$  - насипна маса продукту,  $кг/м^3$ .

Розмірами крупинки можна зневажити. Тоді рівняння (3) приймає вид:

$$v_3 = \frac{G}{\frac{\pi d^2 \gamma_i}{4}} = \frac{4G}{\pi \gamma_i d^2}.$$

Згідно гіпотези  $U_m = U_3$ , підставимо отримане значення  $v_3$  у рівняння (2)

$$\frac{4G}{\pi \gamma_n d^2 \omega} = R \sqrt{1 - \left(\frac{g f_o}{\omega^2 R}\right) (1 - 2\varepsilon)^2} - \frac{g f_o}{\omega^2 R} \sqrt{2\varepsilon(1 + \varepsilon)}. \quad (4)$$

Позначимо

$$\frac{4G}{\pi \gamma_n d^2 R} = A; \quad \left(\frac{g f_o}{R}\right)^2 (1 + 2\varepsilon)^2 = B; \quad \frac{g f_o}{R} \sqrt{2\varepsilon(1 + \varepsilon)} = C.$$

Після перетворень одержуємо остаточне рівняння четвертого ступеня

$$\omega^4 = (C^2 + B) + 2AC\omega + A^2\omega^2. \quad (5)$$

Основу рішення отриманої залежності становить послідовність нелінійних відображень рівняння на площині усе більш високих порядків; розчленовування заданого рівняння на лінійні й квадратні підрівняння; рішення підрівнянь і повернення рішень на площину оригіналу. Рівняння записуються в канонічній знакозмінній формі.

Під час рішення використовується найпростіше з нелінійних відображень, так зване, стандартне або кратне, яке здійснюється одночленною функцією, коли алгебраїчна функція може бути відображена будь-якою алгебраїчною функцією.

Апаратом відображень є алгебра симетричних моментів, яка представляє собою систематизований метод обчислення моментів рівнянь образів через моменти рівняння оригіналу.

До прикладу застосуємо вищевикладену методику рішення отриманих алгебраїчних рівнянь четвертого ступеня для розрахунку прискорення вібровпливу на гречану крупу, що перебуває в мірній ємності в зоні оптимуму.

Вихідні дані для розрахунків:  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;  $\gamma_n = 590 \text{ кг/м}^3$ ;  $R(A) = 0,002 \text{ м}$ ;  $f_o = 0,77$ ;  $\varepsilon = 0,007$ ;  $G$  - значення наведені в статті [3].

Рівняння (5) для кутової швидкості приймає вид:

$$\omega^4 - 2,073 \times 10^4 \omega^2 - 1,29 \times 10^5 \omega - 1,484 \times 10^7 = 0. \quad (6)$$

Обчислюємо й заносимо в таблицю моменти рівнянь оригіналу й образів відображень.

Таблиця 1- Таблиця моментів рівнянь оригіналу й образів відображень

$\nu$	1	2	3	4	5
$P_\nu$	0	$4,146 \times 10^4$	$3,87 \times 10^5$	$9,187 \times 10^8$	$1,337 \times 10^{10}$
$P_{\nu\nu}$	$-2,073 \times 10^4$	$4 \times 10^8$	$-9,779 \times 10^{12}$	$2,1 \times 10^{17}$	$-4,474 \times 10^{21}$
$P_{\nu\nu\nu}$	$1,29 \times 10^5$	$-5,985 \times 10^{11}$	$-1,169 \times 10^{17}$	$1,821 \times 10^{23}$	$5,985 \times 10^{28}$
$P_{\nu\nu\nu\nu}$	$-1,484 \times 10^7$	$2,202 \times 10^{14}$	$-3,267 \times 10^{21}$	$4,847 \times 10^{28}$	$-7,191 \times 10^{35}$

Знання моментів рівнянь відображень необхідно для з'ясування порядку розподілу коренів заданого рівняння за модулем й характером. Для чого, передбачаючи для початку, що корінь заданого рівняння дійсний й різний, розділяємо рівняння на лінійні підрівняння, кожне з яких визначає свій корінь в  $\nu$ -тім наближенні.

Використовуючи знайдені значення моментів, обчислюємо й зводимо в таблицю 2 наближення коренів заданого рівняння.

Таблиця 2- Таблиця наближення коренів рівняння

$\nu$	1	2	3	4	5
$\omega_1(\nu)$	0	203,608	72,873	174,096	105,979
$\omega_2(\nu)$	0	98,226	-293,447	122,967	-201,801
$\omega_3(\nu)$	-6,223	38,681i	22,864	30,512	-26,624
$\omega_4(\nu)$	-115,024	19,18i	30,348	22,715	-26,058

Як видно з аналізу табл. 2 послідовність, що сходиться до дійсного числа, утворить тільки наближення кореня  $\omega_1$ , отже, рівняння має тільки одне дійсне рішення.

Можна прийняти кутову швидкість рівну  $106 \text{ с}^{-1}$  (перший рядок). При цьому прискорення вібратора складе:

$$g_{\text{вб}} = A \omega^2 = 106^2 \times 0,002 \approx 22 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} .$$

Відхилення значень прискорень вібратора отриманих експериментальним і теоретичним шляхами не перевищує 7%.

**Висновки.** Аналітичні вишукування сприяли одержанню канонічного рівняння четвертого ступеня, рішення якого методом нелінійних відображень на площині дозволяє визначати оптимальне прискорення вібратора залежно від фізико-механічних характеристик крупи, розмірів мірної ємності й діаметра заслінки.

Надалі роботи будуть спрямовані на одержання аналітичної залежності для визначення оптимальних розмірів мірної ємності.

## Література

1. Пат. 7636 (UA) Спосіб порціонного дозування сипучих тіл. / *Заплетніков І.М., Владіміров С.В.* - Опубл. 15.07.2005, Бюл. №7.
2. *Гортинский В. В.* Процеси сепарування на зерноперероблюючих підприємствах / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. - 2-е изд., перераб. і доп. - М. : Колосся, 1980. - 304 с.
3. *Заплетніков І. М.* До питання створення об'ємних дозаторів круп / І. М. Заплетніков, С. В. Владіміров // Наукові праці / Одес. нац. акад. харч. технологій. - О., 2007. - № 30. - С. 56-59.
4. *Зенков Р. Л.* Бункерні пристрої / Р. Л. Зенков, Г. П. Гриневич, В. С. Исаев. - М. : Машинобудування. 1977. - 228 с.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ОБЪЕМНЫХ ДОЗАТОРОВ КРУП

Заплетников И.М., Владимиров С.В.

**Аннотация** - работа посвящена аналитическим исследованием, которые разрешают определять оптимальное значение тех факторов которые влияют на работу дозатора, а именно такие как ускорения вибратора в зависимости от физико-механических характеристик крупы, размеров мерной емкости, диаметра заслонки.

## THEORETICAL BACKGROUND OF THE CEREALS VOLUMETRIC DOSING UNITS

I. Zapletnikov, S. Vladimirov

### *Summary*

**The annotation is devoted to analytical studies, which allow determining the optimal value of the factors affecting operation of the dosing unit, such as the vibrator acceleration depending on physical-mechanical characteristics of cereals, sizes of dimensional container, diameter of damper.**

УДК 663.81.067

## ПІДВИЩЕННЯ ФЛОКУЛІРУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ МАКРОМОЛЕКУЛ ПРИ ОСВІТЛЕННІ ФРУКТОВИХ СОКІВ

Погребняк В.Г., д.т.н,  
Перкун І.В., аспірант\*

*Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського*

Тел/факс (062)304-83-16

**Анотація** - Показано, що за допомогою впливу гідродинамічного поля на полімерний флокулянт ПЕО можна різко збільшити швидкість і ступінь освітлення яблучного і виноградного соків, що має як наукове так і практичне значення при вирішенні ряду задач товарознавства.

**Ключові слова** - освітлення, фруктовий сік, флокуляція, макромолекули, гідродинамічне поле.

**Постановка проблеми.** Для здобуття прозорого фруктового соку проводять його освітлення з метою видалення дисперсних частинок і поліпшення його товарного вигляду. Освітлений фруктовий сік ще і краще вгамовує спрагу. Залежно від конкретних технологічних умов застосовують, як правило, наступні способи освітлення фруктових соків – фізичні, біохімічні і фізико-хімічні. До фізичних відносяться: проціджування, відстоювання, сепарація. До біохімічних – обробка ферментами. До фізико-хімічних: обробка бентонітом, органічними і рідше синтетичними флокулянтами, миттєвий підігрів та ін.[1].

Якщо фізичні і біохімічні способи освітлення фруктових соків досить добре вивчені, то фізико-хімічні способи вимагають додаткових досліджень, особливо це стосується освітлення фруктових соків з використанням синтетичних флокулянтів, таких як поліетиленоксид і поліакриламід.

**Аналіз останніх досліджень.** Раніше одним з авторів теоретично було передвіщено [2] нове явище, яке полягає в підвищенні флокуліруючої здатності макромолекул під дією гідродинамічного поля, що розтягує.

---

©Погребняк В.Г., д.т.н, Перкун І.В., аспірант

\* Науковий керівник - д-р техн. наук, проф. Погребняк В.Г.

Виявлений факт впливу гідродинамічної дії, включаючи і вплив турбулентності, на флокуліруючу здатність лінійного гнучколанцюгового полімеру в розчині відкриває можливість для розробки ефективних пристроїв, що дозволяють різко збільшувати швидкість і ступінь освітлення колоїдних систем, що має, без сумніву, як наукове так і практичне значення при вирішенні багатьох задач товарознавства і екології.

Таким чином, істотний резерв підвищення флокуліруючої здатності макромолекул, а, отже, і всього процесу флокуляційної обробки фруктових соків (і інших рідин) полягає не лише в розробці і вдосконаленні самих флокулянтів, але і у значній мірі в удосконаленні старих і розробці нових технологічних процесів очищення соків від зважених частинок і забруднюючих речовин за допомогою полімерних флокулянтів. Впровадження методу гідродинамічного управління флокуліруючою здатністю макромолекул при освітленні фруктових соків, зокрема, при використанні синтетичного полімерного флокулянту поліетиленоксиду (ПЕО) повинно привести до покращення якості фруктових соків і їх безпеки. Дуже важливо і те, що ПЕО має клас небезпеки – 4 (безпечна речовина) і дозволений для використання в харчовій промисловості.

**Формування цілей статті.** Досліди, про які йдеться в даній роботі, ми поставили сподіваючись досягти деякої ясності в питанні про природу механізму підвищення флокуліруючої здатності макромолекул під дією гідродинамічного поля. З'ясувавши механізм цього раніше невідомого явища, можна сподіватися на високоефективне використання гідродинамічного управління флокуліруючою здатністю макромолекул при освітленні фруктових соків. Для перевірки вищесказаного і були поставлені досліди з гідродинамічної активації водних розчинів ПЕО в процесі освітлення яблучного і виноградного соків.

**Основна частина.** Флокуліруюча дія макромолекул залежить, в першу чергу, від їх молекулярної маси і гнучкості ланцюга, термодинамічної якості розчинника, змісту та природи дисперсної фази. У свою чергу молекулярна маса, гнучкість ланцюга і термодинамічна якість розчинника визначають розміри макромолекулярних клубків, тобто їх конформацію у розчині. Основним механізмом флокуляції можна розглядати створення полімерних містків між дисперсними частинками через молекули адсорбованого (хемосорбованого) полімеру. Містковий механізм флокуляції припускає, що основними характеристиками флокулянтів, які суттєво впливають на інтенсивність флокуляції, є їхня молекулярна маса, гнучкість полімерного ланцюга, якість розчинника і їх концентрація в розчині. Як правило, із збільшенням молекулярної



маси флокулянта їх флокуліруюча дія підвищується, що дозволяє знизити його концентрацію. Це обумовлено можливістю великих макромолекул пов'язувати більше число частинок у флокули за допомогою полімерних містків між частинками. Розрахунки показують, що дворазове збільшення розмірів макромолекул повинно викликати підвищення інтенсивності флокуляції на один-два порядки. Все це свідчить про те, що флокуліруюча дія макромолекул однієї і тієї ж молекулярної маси залежить від величини поверхні макромолекулярного клубка, тобто його конформації, яка визначається гнучкістю ланцюга. Гнучкість ланцюга можна змінювати температурою, розчинником, коли існують специфічні взаємодії полімер-розчинник, а також впливом на систему гідродинамічного поля. [3,4].

Проблема впливу поздовжнього гідродинамічного поля на гнучкість ланцюга, а, отже, і на флокуліруючу дію макромолекул зводиться до наступного основного принципу. Ступінь витягнутості (або згорнутості) гнучкої макромолекули можна характеризувати параметром  $\beta$ , що дорівнює відношенню відстані між кінцями макромолекули  $h$  до її контурної довжини  $L$ . З позицій термодинаміки і фізичної кінетики параметр  $\beta$  має більш фундаментальне значення, ніж параметр Флорі  $f$ : справа в тому, що тут в "гру" вступає теорія дисипативних структур і біфуркація Пригожина після досягнення деякого критичного значення  $\beta^*$ . Причому зовсім неважливо, яким шляхом  $\beta^*$  досягнуто, навіть ізольована макромолекула втрачає стійкість по відношенню до розподілу поворотних ізомерів і розпрямляється.

Отже, якщо в системі гнучколанцюгових макромолекул якимось чином, наприклад, під дією течії з розтягом, досягнуті надкритичні значення  $\beta > \beta^*$ , в розчинах полімерів, що кристалізуються, можуть утворюватися надмолекулярні сполуки за механізмом нуклеації, а в розчинах полімерів, що не кристалізуються - за спінодальним механізмом. [5]. У термінах теорії Пригожина при  $\beta^*$  система перетерплює біфуркацію і переходить з термодинамічної на нетермодинамічну гілку, де стійкою формою стають надмолекулярні сполуки.

Сказане дозволяє стверджувати, що під дією гідродинамічного поля, що розтягує можна підвищити флокуліруючу здатність макромолекул, тобто не змінюючи молекулярну масу полімерного флокулянту підвищити інтенсивність флокуляції та / або істотно зменшити його оптимальну концентрацію.

Зіставлення отриманих полів швидкості і їх градієнтів, картин течії та результатів вимірювань ступеня розгорнутості

макромолекулярних клубків, а також вимірних характерних часів розчинів полімерних флокулянтів з'ясовано динаміку макромолекул в гідродинамічному полі з розтягом. Встановлено, що при сходячій течії в закритичному режимі для області концентрацій, що лежать між дуже розбавленими і помірно концентрованими розчинами, відбувається досить сильний деформаційний вплив поля на молекулярні ланцюги. Відношення виміряного двозаломлювання проміння  $\Delta n$  до гранично можливого  $\Delta n_{\infty}$  при впливі на макромоллекули гідродинамічних полів, що генеруються при вільно сходячій течії, досягає 0,33, а при суперпозиції двох протилежно спрямованих сходячих потоків - 0,8-0,95, що відповідає ступеню розгорнутості полімерного ланцюга  $\sim 60\%$  і 90-100% відповідно [3,6].

Стрибокподібна зміна  $\frac{\Delta n}{\Delta n_{\infty}}$  зі зростанням поздовжнього

градієнту швидкості свідчить про те, що вплив гідродинамічного поля призводить до конформаційної нестійкості макромолекулярних ланцюгів, а перехід клубок-розгорнутий ланцюг є фазовим переходом 1-го роду [6].

Поздовжній градієнт швидкості реалізується при протіканні полімерного розчину через короткі капіляри або щілини [3]. Тому наявність ефекту впливу поздовжнього градієнта швидкості на флокуліруючу дію макромолекул можна перевірити за допомогою порівняльного експерименту за впливом умов протікання розчину полімеру через капіляри, що мають різну геометрію вхідної області - одна з кутом входу  $180^{\circ}$  (крива 1 рис.1), а друга - соплом Лавала (крива 2 рис.1). З даних, отриманих в роботі [3] випливає, що для першого капіляра на закритичних режимах ступінь розгорнутості полімерного ланцюга може складати  $\sim 60\%$ , а для другого - практично дорівнює нулю. Тому можна було очікувати, що для випадку, коли розчин полімерного флокулянту вводився в фруктовий сік через перший капіляр, інтенсивність флокуляції повинна бути більшою через збільшення розмірів молекулярних клубків під дією гідродинамічного поля, ніж у випадку з другим капіляром. Однак, проведений нами експеримент не підтвердив це припущення.

Отриманий нами в розглянутому випадку негативний результат у першу чергу пояснюється кінетикою розчинення надмолекулярних структур, що утворилися під дією гідродинамічного поля. У процесах флокуляції полімерами дисперсних систем, якими є неосвітлені фруктові соки, важлива роль належить швидкості дифузії макромолекул до поверхні частинок, тобто часу, необхідного для взаємодії макромолекул з частинками дисперсної системи. У нашому експерименті тільки незначна кількість частинок мала можливість провзаємодіяти з розгорнутими гідродинамічним полем

макромолекулами, а інша більша кількість (через відносно невеликий час розчинення динамічних структур) змогла провзаємодіяти з макромолекулами, які вже встигли прийняти первісну конформацію.

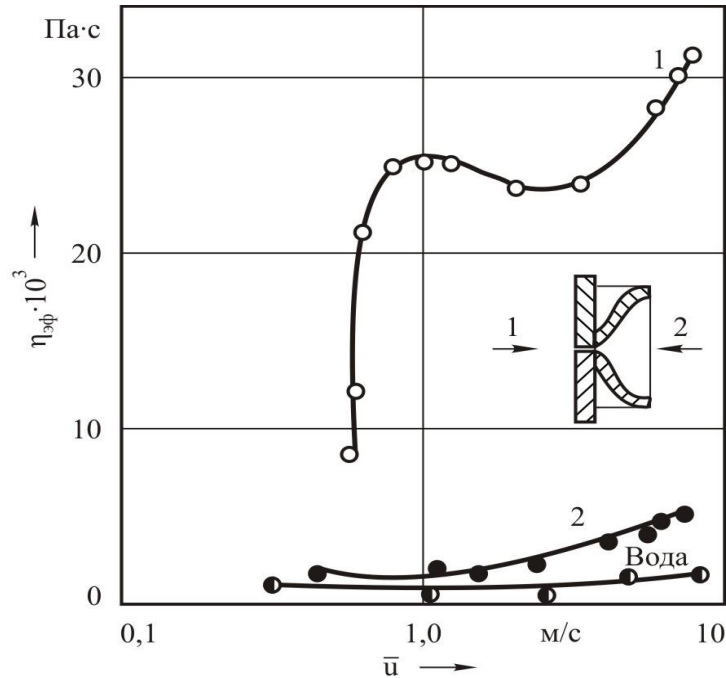


Рис. 1. Вплив умов входу до капіляру на ефективну в'язкість:

$$M_{\text{ПГО}} = 6 \cdot 10^6, \quad c_{\text{ПГО}} = 0,1 \%, \quad d_{\text{мін}} = 0,53 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

У зв'язку з цим нами був розроблений, виготовлений і випробуваний проточний елемент, в якому проводилася гідродинамічна активація флокулюючої дії макромолекул і при цьому була можливість провзаємодіяти з розгорнутими гідродинамічним полем молекулами полімеру максимальній кількості частинок [7].

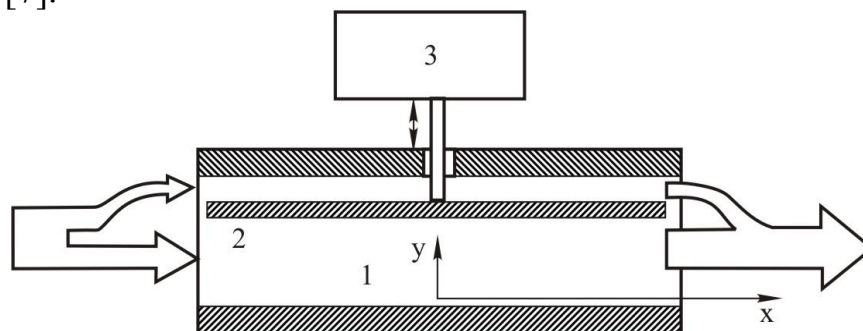


Рис. 2. Структурна схема проточної частини одиничного модуля гідродинамічного активатора флокулянту:

- 1 – проточний канал, 2 – вібруюча перегородка,
- 3 – електромагнітний вібратор

Схема проточного елемента гідродинамічного активатора наведена на рис.2. Суть його роботи полягає в наступному. Фруктовий сік, який необхідно освітлити, разом зі строго дозованою кількістю розчиненого флокулянту прокачується на відстійник через ряд секцій проточних камер, що чергуються і містять кілька модулів зі змінним живим перетином. Число секцій і модулів в проточній камері визначається емпірично. Зміна живого перетину здійснювалася за допомогою коливань перегородки, поєднаної з електромагнітним вібратором. Амплітуда коливань перегородки (мембрани) контролювалася спеціальним пристроєм. У результаті зворотньо-поступового руху перегородки між верхньою та нижньою (на рис.2) стінками, перегородка втягує або витісняє з відповідного каналу рідину. При цьому в тому і в іншому випадку поблизу віброуючої поверхні реалізується поздовжній градієнт швидкості, величина якого може бути розрахована наступним чином.

Оскільки потік симетричний, розглянемо задачу, коли потік рідини витісняється із зазору між двома площинами. Нехай нижня стінка каналу нерухома, а верхня рухається вертикально, змінюючи зазор  $y$  за законом

$$y(t) = (a + \delta) + a \sin \omega' t, \quad (1)$$

де  $a$  – амплітуда коливань верхньої площини;

$\delta$  – мінімальний зазор (під час коливань) між верхньою та нижньою площинами;

$\omega'$  – циклічна частота коливань;

$t$  – час.

Рівняння нерозривності для даної задачі має вигляд:

$$S_0 V_y(t) = S(t) V_x(t), \quad (2)$$

де  $S_0$  – площа верхньої площини (стінки модуля);

$S_0 = bx$ , тут  $b$  і  $x$  глибина та довжина щілинного зазору;

$V_y(t)$  – швидкість руху верхньої стінки;

$$V_y(t) = \frac{dy(t)}{dt};$$

$S(t)$  – площа живого перетину щілинного зазору, який змінюється у такий спосіб  $S(t) = by(t)$ ;

$V_x(t)$  – швидкість рідини на виході з щілинного зазору.

З огляду на вищевикладене, рівняння нерозривності матиме вид

$$x a \omega' \cos \omega' t = V_x(t) [(a + \delta) + a \sin \omega' t], \quad (3)$$

звідки

$$V_x(t) = \frac{x a \omega' \cos \omega' t}{(a + \delta) + a \sin \omega' t}. \quad (4)$$

Середній поздовжній градієнт швидкості  $\dot{\varepsilon}_x$  в напрямку  $x$  знайдемо як

$$\dot{\varepsilon}_x = \frac{dV_x(t)}{dx} = \frac{a\omega' \cos \omega't}{(a + \delta) + a \sin \omega't}, \quad (5)$$

а середній поздовжній градієнт швидкості  $\dot{\varepsilon}_y$  в напрямку  $y$  як

$$\dot{\varepsilon}_y = \frac{dV_y}{dy} = \frac{a\omega' \cos \omega't}{(a + \delta) + a \sin \omega't}. \quad (6)$$

Тоді повний градієнт швидкості  $\dot{\varepsilon}$  буде дорівнювати

$$\dot{\varepsilon} = \sqrt{\dot{\varepsilon}_x^2 + \dot{\varepsilon}_y^2} = \dot{\varepsilon}_x \sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}a\omega' \cos \omega't}{(a + \delta) + a \sin \omega't}. \quad (7)$$

Максимальний поздовжній градієнт швидкості знайдемо з умови, що перша похідна від функції (7) дорівнює нулю. Шляхом нескладних перетворень отримаємо, що дана умова виконується при  $\sin \omega't = -\frac{a}{a + \delta}$ .

Тоді

$$\dot{\varepsilon}_{\max} = \frac{a\omega' \sqrt{2}}{\sqrt{2a\delta + \delta^2}}. \quad (8)$$

З рівняння (8) випливає, що при частоті коливань  $\nu = 150$  герц, амплітуді коливань  $a = 2 \cdot 10^{-3}$  м та мінімальному зазорі  $\delta = 10^{-3}$  м максимальний градієнт швидкості виходить рівним  $1,2 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ . При таких значеннях  $\dot{\varepsilon}$  гнучколанцюгові макромолекули можуть досягати ступеня розгорнутості 60-100% [3,4].

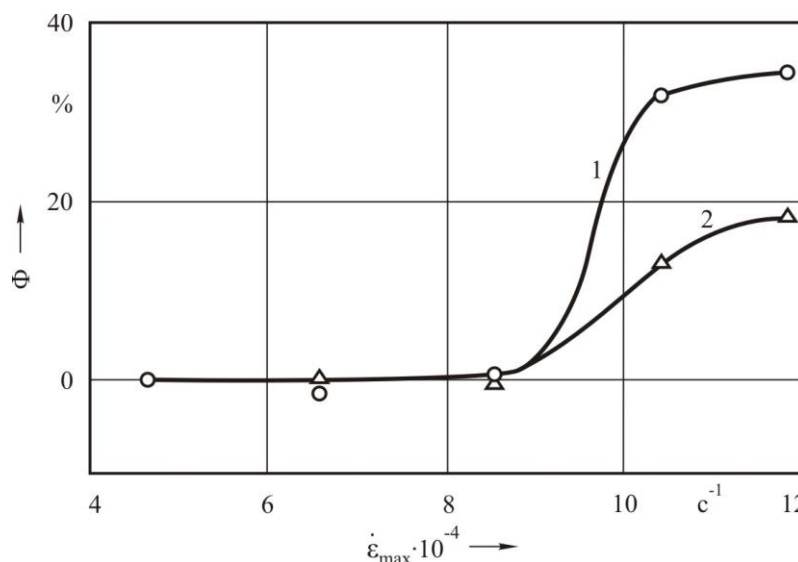


Рис. 3. Зміна величини впливу гідродинамічного поля на флокуліруючу здатність ПЕО в системі вода-глина від градієнту швидкості:

$$M_{\text{ПЕО}} = 4 \cdot 10^6, \quad C_{\text{ПЕО}} : 1 - 0,004 \%, 2 - 0,002 \%; \quad C_{\text{глин}} = 0,01 \%$$

Дані, що характеризують вплив поздовжнього градієнту швидкості при зміні  $\delta$  (проточна секція містила п'ять модулів рис.2) на флокуліруючу здатність ПЕО в модельній системі фруктового соку показані на рис.3. В якості фізико-хімічної моделі неосвітленого фруктового соку, за допомогою якого можна вивчити основні особливості впливу гідродинамічного поля на флокуліруючу здатність молекул ПЕО була обрана система вода-глина. Величину впливу гідродинамічного поля на флокуліруючу здатність макромолекул оцінювали як

$$\Phi = \left( \frac{n_0 - n_{\dot{\epsilon}}}{n_0} \right) \cdot 100 \% , \quad (9)$$

де  $n_0$  і  $n_{\dot{\epsilon}}$  – оптичні щільності суспензії, що містить флокулянт без впливу гідродинамічного поля і після гідродинамічної активації відповідно ( $n_0 \equiv n_{\dot{\epsilon}}$  при  $\dot{\epsilon} \rightarrow 0$ ). Оптичну щільність дисперсної системи визначали через 15 хвилин флокуляції на ФЕК КФК-2 при 540 нм.

Видно, що при градієнтах швидкості нижче деякого критичного значення, вплив гідродинамічного поля на флокуліруючу дію полімеру відсутній, і тільки при досягненні критичного значення інтенсивність флокуляції починає зростати, причому, тим більш різко, чим вище концентрація флокулянту в системі.

Дослідження релаксації розгорнутих ланцюгів в тих ділянках потоку, де гідродинамічне поле “вимкнене” ( $\dot{\epsilon} < \dot{\epsilon}_{кр}$ ), дозволило встановити, що для напіврозбавлених та помірно концентрованих розчинів час релаксації розгорнутих ланцюгів ( $\theta_{зг}$ ) і слабодетформованих індивідуальних ланцюгів ( $\theta_c$ ) може розрізнятися більш, ніж на 2 порядки. Причиною таких великих часів згортання є надмолекулярні структури, що генеруються в розчині [5]. У разі напіврозбавлених водних розчинів ПЕО (які мають  $0,8 > C \cdot [\eta]_0 \geq 0,2$ , де  $[\eta]_0$  - характеристична в'язкість) при відносно невеликих деформаціях молекулярних ланцюгів відмінності, що спостерігаються між  $\theta_{зг}$  і  $\theta_c$  незначні і узгоджуються з передбаченнями теорії динаміки індивідуальних ланцюгів [8]. В той же час значний деформаційний вплив гідродинамічного поля на макромолекулярні клубки призводить до великих відмінностей в значеннях розглянутих часів релаксації, що вже не може бути пояснено в рамках моделі ізольованих макромолекул. У помірно концентрованих розчинах ПЕО, коли  $C \cdot [\eta]_0 > 0,8$  навіть при відносно низькому деформаційному факторі  $\theta_{зг}$  значно більше  $\theta_c$ , а тим паче часу релаксації  $\theta_0$  індивідуальної макромолекули.

Причиною таких великих експериментально отриманих  $\theta_{зг}$  є утворення в умовах потоку, що збігається, надмолекулярних структур.

Цей висновок про можливість динамічного структуроутворення не лише в концентрованих розчинах, але і в розчинах полімерів, у яких, згідно з критерієм Дебая [9], відсутні ефекти перекривання макромолекулярних клубків, узгоджується з теоретичними даними, отриманими в роботі [10], а також з дослідями, розглянутими нами в роботі [5].

Слід також звернути увагу на той факт, що в розчинах такого флокулянту, як гідролізованого поліакриламиду (ГПАА) величина відношення  $\frac{\theta_{3г}}{\theta_0}$  істотно нижче, ніж у розчинах ПЕО, що, очевидно, обумовлено наявністю однойменних зарядів на ланцюгах ГПАА, які перешкоджають утворенню надмолекулярних структур. Тому, можна припускати, що для ГПАА вплив гідродинамічного поля, яке розтягує на його флокуліруючу дію буде меншим, ніж для ПЕО.

Викладене вище є визначальним для того, щоб запропонувати інший метод гідродинамічного впливу на флокуліруючу здатність макромолекул [12]. Цей метод заснований на використанні безнасосного гідродинамічного стенду розімкнутого типу, структурна схема якого наведена на рис.4.

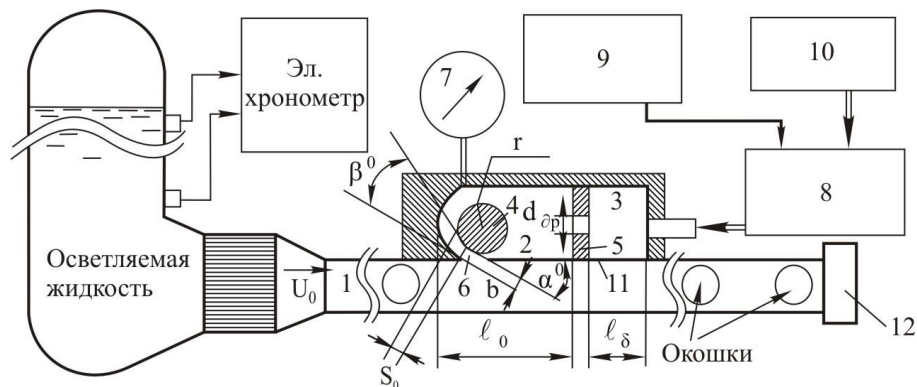


Рис. 4. Структурна схема стенду з гідродинамічною активацією полімерного флокулянта

Частина приладів і вузлів об'єднана за функціональною ознакою в окремі блоки. 1 - проточна ділянка каналу, на якій інжектуювався розчин флокулянта; 2 - надщілинна камера; 3 - буферна камера; 4 - вставка, за допомогою якої змінювали кут входу; 5 - пластина з дроселюючими отворами; 6 - випускна щілина; 7 - манометр; 8- ємність з розчином флокулянта; 9- прилад для визначення часу протікання заданого об'єму розчину флокулянту; 10- маностат; 12- запірний клапан. Кут нахилу щілини до поверхні 11 у всіх дослідах дорівнював  $7^\circ$ , а кут входу в щілину варіювали за допомогою змінних вставок 4.

Ефективність флокулюючої дії розчину флокулянту оцінювали фотоелектронним способом з використанням формули 9. Експерименти були виконані з водними розчинами ПЕО, які інжектували через надщілинну камеру в рухомі по каналу яблучний і виноградний соки. На відстані 2м після щілини, через скляне віконце вимірювали оптичну щільність соків. Інжекцію розчину полімеру здійснювали через щілину з кутом входу  $7,8^\circ$ ,  $14,5^\circ$  і  $165^\circ$ . Тільки при куті входу в щілину що дорівнює  $165^\circ$  можна було реалізувати закритичний режим протікання полімерного розчину через щілину, тобто режим, при якому можливий перехід клубок-розгорнутий ланцюг. Використані розчини ПЕО мали молекулярну масу  $2 \cdot 10^6$ ,  $4 \cdot 10^6$  і концентрацію 0,3%, 0,1% відповідно, а  $C \cdot [\eta]_0 > 0,8$ .

Підвищена флокулююча здатність ПЕО виявлялася, коли розчин флокулянту інжектувався у виноградний і яблучні соки через надщілинну камеру на закритичному режимі. Отримали, що підвищення флокулюючої здатності ПЕО молекулярної маси  $2 \cdot 10^6$  і концентрації 0,3% склало близько 33%, а для розчинів ПЕО молекулярної маси  $4 \cdot 10^6$  і концентрації 0,1% - 25%. При інжекції полімерних розчинів на докритичних режимах, тобто при кутах входу  $7,8^\circ$  та  $14,5^\circ$  і постійній швидкості інжекції, флокулююча дія макромолекул практично не змінювалася.

Розчини ПЕО можна розділити, принаймні, на три області. Область розбавлених розчинів полімерів, напіврозбавлених, обмежених співвідношенням  $0,8 > ([\eta]_0 \cdot C) > 0,2$  і помірно концентрованих, коли  $C \cdot [\eta]_0 > 0,8$  [5]. Слід звернути увагу на те, що саме друга і третя області відносяться до концентрацій прояви ефекту підвищення флокулюючої дії ПЕО при частотному (рис.3) і інжекційному (рис.4) методах гідродинамічного впливу на них.

Таким чином, поставлені досліди підтвердили теоретично передвіщене нове явище, яке полягає у підвищенні флокулюючої здатності макромолекул під дією гідродинамічного поля, інтерпретація якого ґрунтується на ефектах пружних деформацій, що проявляються при течії з розтягом полімерних розчинів.

Правильно оптимізувавши співвідношення молекулярної маси, концентрації, режимів гідродинамічних впливів і способу введення полімерного флокулянту до фруктових соків, можна істотно збільшити швидкість і ступінь їх освітлення, а за наявності в них забруднюючих речовин, ступінь їх очищення, знизити при цьому оптимальну концентрацію флокулянту, тобто його витрати, а також значно зменшити залишкову концентрацію флокулянту в фруктовому соку, після його освітлення.



Величина залишкової концентрації полімеру в соку після його обробки флокуляційним методом має важливе значення. Якщо, наприклад, для ПЕО цей параметр менш значний, тому що ПЕО має клас небезпеки - 4 (безпечна речовина), то для інших флокулянтів (ПАА, особливо, ГПАА і тощо) необхідно постійно її контролювати.

Відомі прилади, за допомогою яких можна визначити концентрацію полімерного флокулянту в розчинах - це турбореометри [10], капілярні віскозиметри і подібні до них пристрої [11]. В якості гідрорезисторів (проточних елементів) в цих приладах використовуються відносно довгі капіляри або трубки. Такі пристрої дозволяють контролювати концентрації полімерів в розчині не нижче ніж 0,01%, у деяких випадках, на турбореометрі можна визначити концентрацію близько 0,001% [10].

Тому, в даний час, не існує простих і недорогих стандартних експрес-методів, які б дозволяли визначити дуже малі залишкові концентрації полімерного флокулянту в соку, після його освітлення.

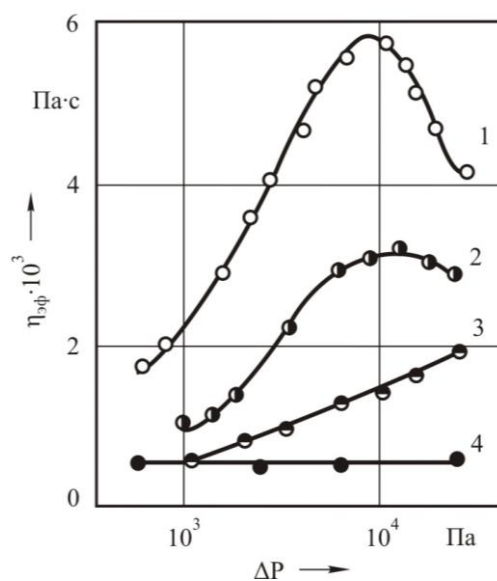


Рис. 5. Залежність ефективного в'язкості водних розчинів ПЕО від перепаду тиску при фільтраційній течії:

Середній розмір пор  $1,6 \cdot 10^{-4}$  м,  $M_{ПЕО} = 4 \cdot 10^6$  ;

$c_{ПЕО}$  : 1 – 0,001 %, 2 – 0,0005 %, 3 – 0,0002 %, 4 – вода

Результати рис. 5, що свідчать про надзвичайно високу чутливість такого параметра, як ефективна в'язкість, до наявності в рідині мізерно малих домішок полімеру дозволяють запропонувати новий спосіб визначення залишкової концентрації флокулянту. Для його реалізації була розроблена наступна конструкція вимірювальної установки [13], яка наведена на рис.6.

Спосіб вимірювання концентрації зводиться до наступного. У вимірювальну ємність 1 заливається досліджуваний розчин і

витримується певний час в термостаті 6 до встановлення заданої терморегулятором 7 температури. Потім вимірювальний модуль підключається до маностату 5, в якому встановлено необхідний тиск повітря. У результаті цього досліджуваний розчин з вимірювальної ємності через змінний гідрорезистор 3 витікає в ємність для його збору 2. Час протікання фіксованого об'єму розчину визначається автоматично електронним хронометром 4 з використанням фотоелектронних датчиків положення рівня рідини в мірній ємності.

Для визначення залишкової концентрації полімерного флокулянту в фруктовому соку, після його освітлення, необхідно виміряти час протікання заданого об'єму соку, що містить залишки флокулянту невідомої концентрації і час протікання соку без флокулянту при певному перепаді тиску, визначивши при цьому зміну ефективної в'язкості, як

$$\frac{\Delta\eta_{\text{эф}}}{\eta_{\text{эф}}} = \left( \frac{t_c}{t_0} - 1 \right) \cdot 100\% , \quad (10)$$

де  $t_c$  – час протікання заданого обсягу освітленого соку з залишками флокулянта, а  $t_0$  – час протікання освітленого соку без флокулянта при постійному перепаді тиску.

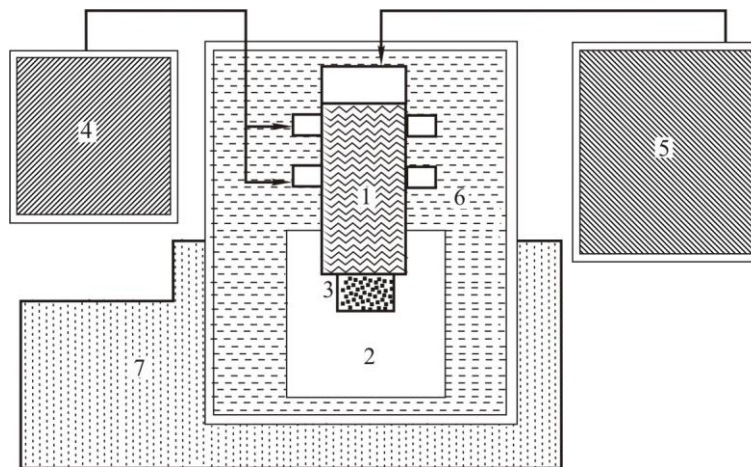


Рис. 6. Структурна схема обладнання для вимірювання залишкової концентрації флокулянта в освітленому фруктовому соку:

- 1 – вимірювальна ємність; 2 – ємність для збору рідини;
- 3 – пористий гідрорезистор; 4- електронний хронометр;
- 5 – маностат; 6 – термостат; 7 – терморегулятор

Потім за калібрувальними графіками, подібними рис.7 (концентрація флокулянту наведена у мільйонних частинах (ppm)), можна визначити шукану залишкову концентрацію полімерного флокулянту.

З рис.7 видно, що запропонований спосіб вимірювання залишкової концентрації полімерного флокулянту в фруктових соках, після їх освітлення, дозволяє розширити діапазон вимірюваних концентрацій більш, ніж як на два порядки, у порівнянні з відомими в теперішній час методами.

### **Висновки.**

1. Описано нове явище, яке полягає у підвищенні флокулюючої здатності макромолекул в умовах потоку, що розтягує. Обґрунтовано механізм даного явища, заснований на уявленнях про сильний деформаційний вплив гідродинамічного поля на молекулярні клубки.

2. Експериментально підтверджений факт впливу поздовжнього гідродинамічного поля на флокулюючу здатність ПЕО відкриває можливість для розробки пристроїв, які дозволяють збільшувати останню. Запропоновано спосіб та устаткування для реалізації методу гідродинамічної активації полімерних флокулянтів і для вимірювання залишкової концентрації полімерного флокулянту в фруктових соках, після їх освітлення.

3. Показано, що за рахунок впливу гідродинамічного поля на молекули ПЕО можна різко збільшити швидкість і ступінь освітлення виноградного і яблучного соків, що має без сумніву як наукове так і практичне значення при вирішенні багатьох задач товарознавства.

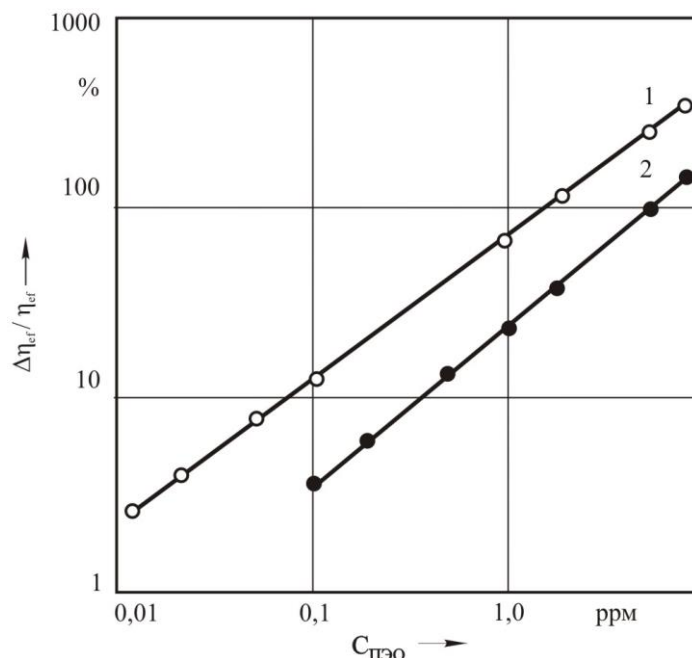


Рис.7. Калібрувальний графік для визначення концентрації флокулянта ПЕО у виноградному соку:

Середній розмір пор  $1,6 \cdot 10^{-4}$  м;  $M_{\text{ПЕО}} = 10^6$ ;

1 –  $\Delta P = 2,8 \cdot 10^4$  Па;  $M_{\text{ПЕО}} = 4 \cdot 10^6$ ; 2 –  $\Delta P = 10^5$  Па

Перспективами подальших досліджень в даному напрямку є оптимізація співвідношення між молекулярною масою, концентрацією, режимами гідродинамічного впливу і способами введення полімерного флокулянта до фруктових соків з метою істотного збільшення швидкості і ступеня їх освітлення, а за наявності в них забруднюючих речовин, ступеня їх очищення, при мінімальних витратах флокулянту і значне зменшення залишкової його концентрації у фруктовому соку, після його освітлення.

#### Література

1. Самсонова, А.Н. Фруктовые и овощные соки (Техника и технология) / А.Н. Самсонова, В.П. Ушева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., Агропромиздат, 1990. – 287 с.
2. Pogrebnyak V.G. Deformation effects in case of a flow with stretching of polymer solutions / V.G. Pogrebnyak, A.A. Pisarenko // Turbulence and Shear flow phenomena – 1, Santa Barbara, California / S.Banerjee, J.K. Eaton editors. – New York, 1999. – P.1345–1350.
3. Pogrebnyak V.G. The Structure of the Hydrodynamic Field and Distortions of the Molecular Shape of Flexible Polymers under Free–Converging Flow Conditions / V.G. Pogrebnyak, Yu.F. Ivanyuta, S.Ya. Frenkel // Polymer Science USSR. – 1992. – Vol.34, №3. – P.270–273.
4. Pogrebnyak, V. G. Polymer Macromolecules as a Tool for Studying Wall–Adjacent Turbulence Flow / V.G. Pogrebnyak // Proceedings of the 2nd International Symposium on Seawater Drag Reduction / ASERC, Korea – Busan, 2005. – P.79–90.
5. Погребняк В.Г. Динамическое структурообразование в растворах гидродинамически активных полимеров / В.Г. Погребняк, Н.В. Наумчик, С.В. Твердохлеб // Инж.–физ. журн. – 1992. – Т.63, №2. – С.147–150. – ISSN 0021–0285.
6. Бресткин Ю.В. Эффекты ДЛП полимерных растворов в продольных гидродинамических полях / Ю.В. Бресткин, В.Г. Погребняк, С.А. Агранова, Н.Е. Дьяконова // Высокомолекуляр. соединения. Сер. Б. – 1989. – Т. 31, № 11. – С. 844–846.
7. Пат. 40537 Україна, МПК (2009) B01D21/01. Спосіб обробки рідких харчових продуктів та матеріалів флокулянтом / В.Г. Погребняк, І.В. Перкун, О.В. Гордієнко – № у 2008 14037, Бюл.7. – 2009.
8. De Gennes P.G. Coil–stretch thransition of dilute flexible polymers under ultrahigh velocity gradients / de Gennes P.G. // J.Chem. Phys. – 1974. – Vol.60, №12. – P.5030–5042.
9. Френкель С.Я. Концентрированные растворы полимеров. (Термодинамика и структура) / С.Я. Френкель, Г.К. Ельяшевич, Ю.Н.

Панов // Успехи химии и физики полимеров / под ред. Мечникова Г.М. – М.: Химия, 1970. – С.87–138.

10. *Повх И.Л.* Связь между молекулярным строением растворов ПЭО и эффектом снижения гидродинамического сопротивления / И.Л. Повх, В.Г. Погребняк, А.И. Торяник // Инж.–физ. журн. – 1979. – Т.37, №4. – С.581–588.

11. *Малкин А.Я.* Диффузия и вязкость полимеров. Методы измерения / А.Я. Малкин, А.Е. Чалых– М.: Химия, 1979. – 304с.

12. Пат. 40896 Україна, МПК (2009) B01D21/01. Пристрій для прискорення очищення харчових суспензій / *Погребняк В.Г., Перун І.В., Гордієнко О.В.* – № и 2008 14230, Бюл. № 8. – 2009.

13. Пат. 29365 Україна, МПК (2006) G01N 15/00. Пристрій для вимірювання концентрації гідродинамічно активних полімерів у розчинах / *Наумчик О.В., Погребняк А.В., Перун І.В.* – № и 2007 10328, Бюл. №1. – 2008.

## **ПОВЫШЕНИЕ ФЛОКУЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАКРОМОЛЕКУЛ ПРИ ОСВЕЩЕНИИ ФРУКТОВЫХ СОКОВ**

Погребняк В.Г., Перкун И.В.

*Аннотация* – показано, что с помощью влияния гидродинамического поля на полимерный флокулянт ПЭО можно резко увеличить скорость и степень осветления яблочного и виноградного соков, который имеет как научное так и практическое значение при решении ряда задач товароведения.

## **ELEVATION OF FLOCCULATED ABILITY OF MACROMOLECULES DURING THE CLARIFYING OF FRUIT JUICES**

V Pogrebnyak., I.Perkun

### *Summary*

There depicted a new event that elevates flocculated abilities of macromolecules in conditions of stretching jet. It is proved that the mechanism of the given event is based on the ideas of strong deformation influence of hydrodynamic field on molecular coil.

It is shown that due to the influence of hydrodynamic field on coil flocculant polyethylene oxide it is possible to elevate greatly velocity and degree of clarifying of grape and apple juices that has scientific and practical value in solutions of the problems of merchandise knowledge.

УДК 677.11.021

## ПЕРСПЕКТИВИ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Горач О.О., к.т.н.

Тіхосова Г.А., к.т.н.

Чурсіна Л.А., д.т.н.

*Херсонський національний технічний університет*

**Анотація** – в статті наведено результати теоретичних досліджень з питання комплексного використання льону олійного. Показано існуючі світові інноваційні технології одержання, переробки волокна льону олійного та галузі його використання.

**Ключові слова** – льон олійний, солома, волокно, переробка, целюлоза, ефіри целюлози, пульпа, папір, целюлозовмісні матеріали, неткані матеріали, полімерні композиційні матеріали, армування, костроплити, костробрикети.

**Постановка проблеми.** Останнім часом питанням використання льону олійного приділяється велика увага в усьому світі, але ці дослідження спрямовані переважно на переробку насіння. Лише незначна кількість робіт присвячена переробці стебел соломи льону олійного на волокно. Слід також зауважити, що дослідження, які здійснювалися до цього часу, були спрямовані на обробку волокна, одержаного з льону олійного, за технологією переробки короткого волокна льону-довгунця. Крім того, під час вищезазначених досліджень волокно льону олійного одержували із соломи, тому воно було лубоподібним і мало придатним для подальшого використання в текстильній промисловості [1].

Науковцями минулого століття доведено, що в стеблах соломи льону олійного міститься коротке волокно, яке можливо застосовувати для одержання мішковини, грубих тканин, шпагату і клоччя. Але, як показують роботи зарубіжних науковців сфера застосування волокна льону олійного з кожним роком розширюється, що вказує на перспективність та доцільність його комплексного використання в умовах України [2, 3].

**Постановка завдання.** Тому актуальним завданням є проведення аналізу світових інноваційних технологій та існуючих напрямів комплексного використання льону олійного з метою їх перспективного впровадження в умовах України.

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз літературних джерел та проведені попередні дослідження з вивчення анатомічної будови дозволили встановити, що елементарні волокна льону олійного, внаслідок здійснюваного на них тиску, сильно прилягають одне до одного, і їх первісна округла форма переходить у п'яти- або шестикутну. Цю форму волокна мають на більшій частині стебла, за винятком прикореневої частини та верхівки. У льону олійного одерев'яніння серединних пластинок сильніше, ніж у льону-довгунця, що пов'язано зі збиранням цієї культури у фазі повної стиглості насіння. Крім того, було встановлено, що волокна в луб'яних жмутах льону олійного менш тісно прилягають один до одного, тобто більш елементаризовані ніж у льону-довгунця. Проведений аналіз штапельних діаграм свідчить, що основний діапазон довжин волокна, виділеного з трести льону олійного, знаходиться в межах 40-80 мм та має лінійну щільність 0,9-1,0 текс, що дозволяє використовувати його в промисловості для виробництва змішаної пряжі з бавовною та вовною, медичної вати, без попередньої котонізації [4].

Ці дані є важливими для прогнозування перспективних напрямів комплексного використання волокна льону олійного, не тільки у текстильній промисловості, а й у багатьох інших галузях промисловості, насамперед у целюлозопаперовій.

Відкритті останніми роками ефективні медико-біологічні властивості лляного насіння та олії, одержаної з нього різко стимулюють вирощування цієї культури, збільшення її використання у хлібопекарській, кондитерській, маргариновій промисловості [5].

Окрім жиру, олія льону містить білок, вуглеводи, органічні кислоти, вітамін А, ферменти. Тому її використовують при виникненні судинних захворювань, виразці шлунку й гастриті. З насіння льону одержують препарат лінетол, що використовуються для лікування опіків шкіри. Олію можна вживати в їжу.

Сфера застосування льону олійного розширюється – використовують його для виробництва продуктів дієтичного харчування, виготовлення косметичних препаратів, нових лікувальних засобів [6]. Багатий світовий досвід використання льону олійного показує, що питання комплексного використання культури в Україні є необхідним завданням сьогодення [7].

У результаті досліджень ряду науковців минулого століття доведено, що вихід волокна в олійному льоні змінюється від 10,5 до 16,6 % ваги всієї соломи. Якщо прийняти середній вихід волокна 12 %, а врожайність соломи 8,5 ц/га, то з одного гектару льону можливо отримати після обробки близько центнера волокна. Солома, яка містить до 50 % целюлози, служить сировиною для виробництва цигаркового паперу, картону. З відходів виробництва льняного волокна – костриці шляхом пресування можливо виготовлять плити,

що можуть бути використані в якості будівельного матеріалу. Крім того, брикети із лляної костриці – добре паливо [2].

У ряді країн у якості лігніноцелюлозної сировини для виробництва високоякісного паперу цигаркового та банкнотного з успіхом використовується волокно і навіть уся солома льону олійного, забезпечуючи збереження лісів [1].

В Італії волокно льону олійного використовують для відновлення якості рециркульованих волокон. У процесі обробки волокно льону олійного частково механічно модифікується, а потім його вводять до складу паперової маси. Простота підготовки пульпи із стебел льону олійного дозволяє виконувати цю операцію навіть у фермерських господарствах [8].

Як показали досліди Центрального науково-дослідного інституту комплексної автоматизації легкої промисловості (ЦНДІЛК) Російської Федерації м. Москва, Науково-дослідного інституту нетканих матеріалів (ЦДІНМ), м. Серпухів; Центрального науково-дослідного інституту бавовняної промисловості (ЦНДІБП), м. Москва та ін., волокно льону олійного з успіхом можна використовувати для одержання ефірів целюлози та усіх продуктів, отримуваних на її основі [9].

Ґрунтовні дослідження з нетекстильного використання волокна льону олійного та конопель здійснюються в польському Інституті натуральних волокон (м. Познань) під керівництвом його директора Р. Козловського [3].

На сьогоднішній день в Російській Федерації у рамках цільової програми «Лен – в товары России» розроблено новий асортимент виробів медичного призначення з лляного волокна та льоновмісних сумішей. У результаті робіт, проведених в ЦНДІЛКА та інших науково-дослідних інститутах, доведено можливість одержання лляної мікроскопічної целюлози із льону олійного. Запропоновано волокно льону олійного переробляти у гігроскопічні текстильні вироби медичного та санітарно-гігієнічного призначення, а також продукцію одноразового та короткотермінового використання. Так, наприклад, пропонується отримання гігроскопічної вати, з вмістом волокна льону-довгунця та льону олійного [10].

Проаналізовані роботи свідчать, що волокно льону олійного може бути застосоване для одержання санітарно-гігієнічних виробів, а також у текстильній промисловості для змішаного прядива при умові його модифікації за довжиною.

**Основна частина.** Волокно льону олійного спрямовується на виготовлення пульпи та паперу з неї, а також виробництва нетканих матеріалів різного призначення та армування конструкційних полімерних матеріалів для автомобільної, авіаційної та інших галузей промисловості. З цією метою використовують також волокнисті відходи переробки льону-довгунця.



У Західній Канаді льон олійний традиційно культивується на 700-800 тис. га. Щорічний урожай соломи льону олійного становить близько 1 млн. т, і тільки 15-20 % цієї соломи використовується у виробництві, головним чином, для виготовлення цигаркового паперу. Фабрики з виготовлення пульпи та паперу розміщені у штатах Північна Кароліна та Нью Джерсі (США). Останнім часом нові підприємства почали здійснювати модифікацію волокна льону олійного для виробництва промислової продукції. Волокно використовують як сировину для виробництва нетканих матеріалів, для виготовлення армованих волокном полімерних композиційних матеріалів та волокнистих плит [1].

В Європі велику зацікавленість викликає питання використання натуральних волокон, таких як волокно льону олійного, для одержання внутрішніх панелей для автомобілів. США починають закуповувати в Канаді лляне волокно як промисловий матеріал. Крім того, Канада сама імпортує деяку кількість соломи льону олійного [1].

Фінляндія та Німеччина виготовляють конструкційні матеріали, армовані лляним волокном [1]. Північна Америка також почала застосовувати композити з натуральних волокон [11]. Компанія «Кембридж Індастрі» організувала виробництво автоматичних поточних ліній, виготовляючи «сандвічі» з нетканого полотна натуральних волокон (льон олійний, пенька, джут) з прошарками із поліуретанової піни. Продукція цих поточних ліній – панелі із композитів, включаючи волокно олійного льону, має відповідні гігієнічні властивості придатна для використання у виробках для молокозаводів та інших виробничих процесів. Каркасні неткані полотна з волокна льону олійного у поєднанні з іншими матеріалами, такими як волокна поліпропілену, поліестеру, бавовни, шерсті та іншими можуть бути використані для ізоляції, фільтрації у олійному та сироварному виробництві, для захисту від ерозії ґрунту у садівництві та ін.

Найбільш широке застосування композиційні матеріали, армовані рослинними волокнами, знайшли в автомобільній промисловості. Композиційні, армовані луб'яними волокнами, матеріали використовуються зараз не тільки в автобудівництві, але й для виробництва віконних рам. Причому для запобігання від загоряння вони мають покриття із поліакрилового пластика і швидко висихаючих закріплювачів.

Волокно, одержане за технологією Римського дослідницького центру (IPZS), після ензимної обробки, віджимання, активного теплового вентильовання та кардочесання використовують для виробництва композиційних матеріалів, а кострицю – для виробництва плит (рис. 1) [8].



Рис. 1. Схема переробки соломи льону олійного у плити та композиційні матеріали

Луб'яне волокно має високу міцність, але містить дуже велику кількість костриці та сукупність тканин, що мають властивість порівняно швидко загниватися на повітрі, тому його доцільно використовувати у виробках, де ця властивість або не може проявитися, або не є шкідливою. [11].

Характеристику міцності волокна застосовуваного для армування наведено в табл. 1.

Таблиця 1 - Характеристика міцності волокна застосовуваного для армування

Волокно	Щільність, г/см	Діаметр, мкм	Подовження при розриві, %	Модуль Е, %	Гранична міцність, г/текс	Вміст вологи, %	Допустима темп-ра форм-я, °С
Бавовна	1,2	11-22	7	500	0,8	7	220 руйнівна
Льон	1,3	5-40	3	1840	1,3	7	
Джут	1,5	8-30	2	1750	0,5	12	
Сізаль	1,45	8-40	2	2500	0,5	8	
Скло	2,55	5-24	2-5	3000	1	1	800
Вуглеродне	1,9	5-7	2	10000	10	1	1200

Залежність між навантаженням та подовженням армованих волокон та аналогічні залежності готових композиційних матеріалів з різним вмістом волокна льону олійного та без застосування волокна наведено на рис. 1 та 2.

Використання натуральних волокон, низькосортного лляного волокна, а також волокна льону олійного у композитах для автомобільної промисловості у Росії знаходиться ще на стадії досліджень та дослідницьких розробок.

Аналізуючи, світовий досвід використання лляних волокон для одержання армованих матеріалів, можна зробити висновок, що волокно льону олійного, маючи відповідні фізико-механічні

характеристики може бути з успіхом застосовано в автомобілебудуванні для виготовлення композиційних матеріалів.

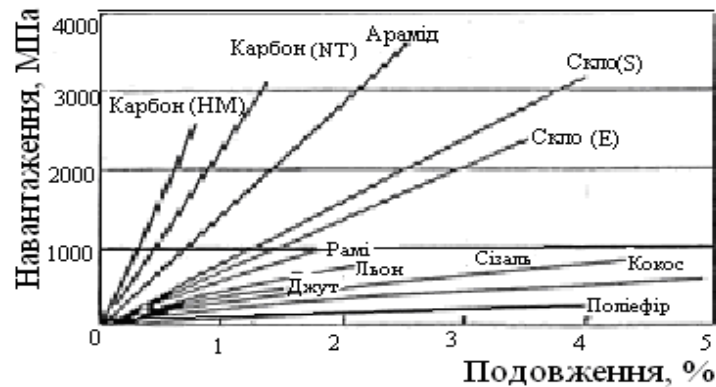


Рис. 1. Залежність між навантаженням та подовженням армуючих волокон та ненасиченою поліефірною смолою

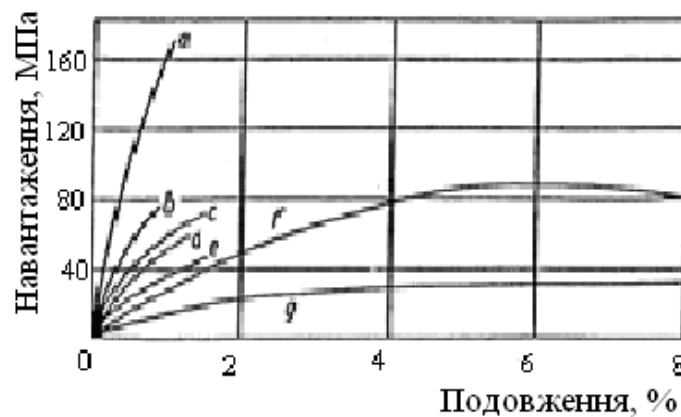


Рис. 2. Залежність між навантаженням та подовженням композиційних матеріалів із рослинними волокнами за Фольстером та Мішелі:

а – епоксидна смола + льон (55 % льону за об'ємом); б – льон, сізаць з поліпропіленом, с – поліефір + льон; d – поліпропілен + льон (30 % за об'ємом); e – поліефір + джут; f – епоксидна смола без волокна, g – поліпропілен без волокна.

Важливим напрямом використання волокна льону олійного є виробництво нетканих матеріалів. В світі є великий досвід виготовлення нетканих матеріалів із різних волокнистих відходів та низькосортного волокна льону-довгунця. Виготовлення нетканих матеріалів із волокна льону-довгунця передбачає використання відходів тіпання та коротке волокно після обробки на волокновіддільній машини ВОМ-1 [12].

Технологія виробництва нетканих матеріалів із волокна льону олійного, на жаль, в Україні не розроблена. Але досвід вчених різних

країн з застосування лляних волокон із льону олійного для одержання нетканих матеріалів може бути перенесений у вітчизняне виробництво нових нетканих матеріалів.

Німецький інститут сільськогосподарського будівництва та Федеральний сільськогосподарський дослідницький центр (Л. Мурфі, Х. Берінг, Х. Віеланд) приводять залежність теплоізоляційних властивостей нетканих полотен різної щільності (рис. 3), отриманих з різних матеріалів (скловолокна, тонких і грубих луб'яних волокон). Показано, що якщо використовувати з цією метою неткані матеріали, то потрібно застосовувати для їх виготовлення більш тонке волокно і виготовляти матеріал, щільністю не менше  $35 \text{ кг/м}^3$ , достатньо повітропроникний. Для цієї мети найбільш придатним є волокно льону олійного (рис. 3). Подальше збільшення щільності цих матеріалів майже не знижує теплопровідність і тільки збільшує вагу матеріалу, а зниження щільності різко збільшує теплопровідність. Це гарно пов'язується з відомим визначення тонини волокна за повітропроникністю (аер-флоу). Неткані матеріали однієї щільності в  $15$  і  $30 \text{ кг/м}^3$ , але меншого (із-за великої товщини волокна) опору проходження повітря мають більшу теплопровідність [13].

Таким чином, вивчення фізико-механічних властивостей волокна льону олійного дозволить розширити область застосування його для виготовлення високоякісних теплоізоляційних нетканих матеріалів

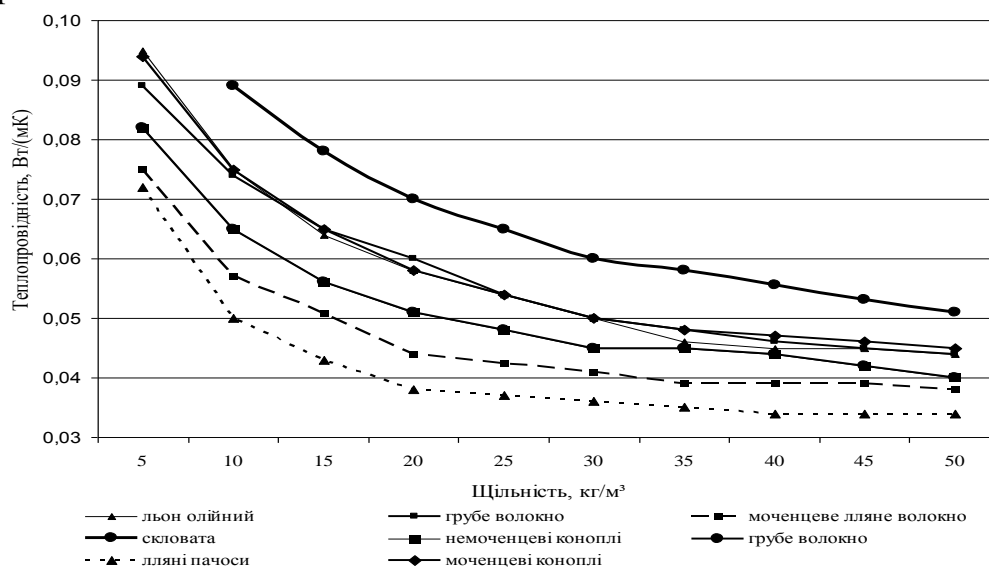


Рис. 3. Зміна теплоізоляційних властивостей нетканих матеріалів різної щільності з різноманітних матеріалів

Відомо, що при виділенні лубу та волокон льону олійного для послідувального використання, одночасно отримується волокно – 10-18 % та значна кількість костриці – 82-90 %, яка також може ефективно використовуватися. Значна кількість костриці, як відомо, одержується і при обробці льону-довгунця. Костриця льону-довгунця знайшла

широке застосування для виготовлення костроплит, костробрикетів, камінних дров, меблевих та будівельних костроплит [1].

На нашу думку, костриця льону олійного мало чим відрізняється за фізико-механічними властивостями від костриці льону-довгунця, тому відомі технології переробки костриці льону-довгунця можуть бути перенесені на переробку костриці льону олійного. Наприклад, камінні дрова із костриці можуть бути паливом. Теплотворна здатність цих дров близька до теплотворної здатності бурого вугілля та торфу. На багатьох льонозаводах теплопостачання для сушарок, пар для цехів мочіння, а іноді і електроенергія виробляється за рахунок котелень, працюючих на костриці. Часто сушіння ведуть на димогазових сушарках, де в якості палива використовується костриця.

Пресуючи лляну кострицю у суміші з торф'яними крихтами, отримують брикети, які можна використовувати в якості палива для опалення дачних осель, оранжерей та інших приміщень з пічним опаленням. Відомо, що з костриці отримують сорбенти – активоване вугілля, яке одержують із костриці після її карбонізації. Також костриця використовується для виробництва плит тепло- та звукоізоляційних, для меблевої промисловості та будівництва. Сьогодні виробництво таких плит являється найбільш ефективним способом переробки лляної костриці [14].

Останнім часом розроблений метод виробництва костроплит з високими теплоізоляційними властивостями, що дозволяє суттєво економити тепло у приміщеннях, побудованих з їх використанням. При цьому в якості в'язучого використовується не смоли, а клеючі складові самої костриці [1]. Технології поглибленої переробки костриці доволі детально розроблені і впроваджені в Україні та за кордоном.

Таким чином, друга фракція яка буде виділятися із стебел льону олійного – костриця, як показує світовий та вітчизняний досвід, має широке застосування для виготовлення різних видів будівельних матеріалів, палива та меблевих виробів. Технології, які впроваджені у виробництво вищезазначених матеріалів із костриці льону-довгунця, на нашу думку, можуть бути успішно застосовані і для переробки костриці із льону олійного.

**Висновки.** Проведений аналіз існуючих технологій комплексного використання льону олійного дозволяє зробити висновок, що на сьогоднішній день у світі відомо досить багато напрямів комплексного використання льону олійного, внаслідок відкритих технологічних властивостей волокна, що дозволяє застосовувати його у багатьох галузях промисловості.

В наведеній роботі на основі новітніх досягнень вітчизняних і зарубіжних вчених зроблено узагальнення областей комплексного

використання льону олійного, щоб привернути увагу вітчизняних виробників на необхідність його комплексного застосування.

Враховуючи вищезазначене, можна стверджувати, що волокно льону олійного це не тільки текстиль. Це конструкційні матеріали в автобудуванні та будівництві, тепло- та звукоізоляція салонів літаків та автомобілів, це харчова олія, ліки, косметика, стійкі лаки та фарби, порох, сорбенти та паливо, банкнотний та цигарковий папір. Усі складові елементи цієї дивовижної рослини, всі відходи технологій її переробки корисні, потрібні, а отже можуть бути прибутковими.

Європа та інші країни світу проявляють неабияку зацікавленість до питань комплексного використання льону олійного. Підвищений інтерес до культури льону олійного за кордоном змушує переглянути відношення до неї в Україні, бо в саме цих країнах її використовують для виготовлення різних видів продукції у багатьох галузях промисловості. На основі величезного світового досвіду використання соломи льону олійного, можна зробити висновок, що солома олійного льону є цінною целюлозовмісною сировиною, хоча на сьогодні вона залишається другорядним продуктом, проте, при відповідній переробці її можна використати для виготовлення різних товарів народного вжитку.

#### Література

1. *Живетин В.В.* Масличный лён и его комплексное развитие / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург. – М.: ЦНИИЛКА, 2000. – 389 с.
2. *Минкевич И.А.* Масличные культуры / И.А. Минкевич, В.Е. Борковський. – М.: Сельхозиз. – 1952. – 545 с.
3. Дослідження в області нового застосування нат. волокон: зб. консулт. FAO / Інститут нат. волокон. – Познань (Польща), 1999.
4. *Рой О.О.* Порівняльна характеристика штапельних діаграм волокон льону олійного та льону-довгунця / О.О. Рой, Н.І. Резвих // Легка промисловість. – 2008. – № 1. – С. 50.
5. *Виноградов В.Ф.* Медико-биологические аспекты использования льняного масла: / В.Ф. Виноградов, Ю.В. Раскуратов // «Лён – на пороге XXI века»: научн.-практ. конф.: тезисы докл. – Вологда: ПФ Полиграфист, 2000.
6. Олійні культури в Україні: [навч. посіб.] / М.М. Гаврилюк, В.Н. Саламатенко, А.В. Чехов, М.І. Федорчук; за ред. *Саламатенко В.Н.* – [2-е вид., переробл. і допов.]. – К.: Основа, 2008. – 420 с.
7. *Лихочвар В.В.* Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур / В.В. Лихочвар, В.Ф. Петриненко. – Львів.: НВФ «Українські технології», 2006. – 730 с.
8. *Cappelletto P.* Mechanical treatment of field retted oilseed flax and hemp. Resulting fibers can recycle fibers quality. / Nord flax: proceeding and abstracts of the 1 Nordic Conference on flax and hemp processing, held in Tampere. Finland. 10-12 August 1998, P. 127-141.

9. *Живетин В.В.* Перспективы использования лубяных волокон как альтернативного источника сырья для производства целлюлозы / В.В. Живетин, С.А. Кочаров, Р.Н. Яруллин // Льяной комплекс России. Проблемы и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. – Вологда, 2001. – С. 52.
10. *Яруллин Р.Н.* Технология производства целлюлозы и ее эфиров из лубяных волокон / Р.Н. Яруллин, Ф.Ф. Газизов, С.А. Кочаров // Льяной комплекс России. Проблемы и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. – Вологда, 2001. – С. 53-54.
11. *Келер Е.* Применение натуральных волокон в композиционных материалах / Е. Келер, Зибдрат Г., Шульц Я. // Изв. Вузов. Технология текст. пром-сти, – 1999, – № 5, – С. 124-128.
12. *Козакова А.* Получение нетканых материалов из льняных отходов / А. Козакова // Повышение эффективности использования сырья: семинар. – М., 1995.
13. *Guillay R.* Nonwoven application of natural fibres / R. Guillay // Flax and others Bast Fibrous Symposium, France 30 September, 1997.
14. *Liljedahl S.* Barriers in the Development of Non-Textile Flax Fibre Applications, Flax in the World / S. Liljedahl, B. Smeder, 15-17 July 1993. – Workshop in Bonn (Germany), 1993.

## ПЕРСПЕКТИВИ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Горач О.О., Тіхосова Г.А., Чурсіна Л.А.

**Анотація** – в статті наведено результати теоретичних досліджень з питання комплексного використання льону олійного. Показано існуючі світові інноваційні технології одержання, переробки волокна льону олійного та галузі його використання.

## PROSPECTS OF COMPLEX USE OF OIL FLAX

O. Gorach, A. Tihosova, L. Chursina

### *Summary*

**In article the theoretical researches of a question of complex use of oil flax are resulted. Existing world innovative technologies of reception, processing of a fiber of oil flax and branches of its use are shown.**

УДК.664.64.014.

## АНАЛИЗ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЕСТА

Янаков В.П., інженер\*

Ялпачик Ф.Е., к.т.н.

*Таврический государственный агротехнологический университет.*

тел. (0691) 42-13-06; 8 067 -599-81-34. e-mail: yanakov @ ukr.net

**Аннотация** – Статья посвящена анализу интенсификации процесса тестоприготовления, способствующий повышению качеству технологического процесса. Для решения этой проблемы необходимо всестороннее рассмотрение путей сокращения времени обработки теста и способов улучшения качественных показателей.

**Ключевые слова** - Энергетический аудит, закономерность, контролируемые параметры, свойства, тесто.

**Постановка задания.** Целью данной статьи является определение направлений совершенствования приготовления теста, анализа интенсификационных проблем обработки теста и способов улучшения его качественных показателей. В соответствии с поставленной целью были сформулированы соответствующие задачи:

- определить направления современных приёмов и методов интенсификации приготовления теста;
- установить тенденции фундаментальных исследований тестоприготовления и их реализация в прикладных диссертационных исследованиях;
- установить структуру анализа передачи энергии при замесе теста.
- предложить пути решения исследований энергетических преобразований тестоприготовления.

**Постановка проблемы.** Интенсификация приготовления теста занимает основное место в технологии изготовления хлеба и хлебобулочных изделий. Тщательный анализ технологической цепочки производства хлеба даёт возможность прийти к выводу — выработка теста является центральным звеном, формирующим качественные показатели конечной продукции.



Исследования технологического такта тестоприготовления выявили — на замес и последующее брожение теста расходуется в технологическом процессе 70 % времени и электроэнергии. Качество приготовленного теста в большинстве зависит от характеристик используемого сырья. Конкурентоспособность производства во многом определяется качеством продукции. Эта цель достигается технически грамотной реализацией технологического процесса. Разнообразие видов теста дает возможность достижения всевозможных целей приготовления изделий [1].

**Анализ последних достижений..** Современные приёмы и методы интенсификации приготовления теста возможно поделить по направлениям: эффективность производства, прогнозирование и реализация качества продукции и полная реализация технических и технологических возможностей тестоприготовления. Следует выделить следующие исследования:

Бурдо О.Г. анализирует общие характеристики энергетики пищевых технологий. Особенно выделены направления нанотехнологий, которые являются наиболее перспективными на данный момент. Избирательное применение энергии в управлении технологическими процессами дает возможность экономить ресурсы. Проведение этапов энергетического аудита тестоприготовления, допускает возможность повысить эффективность замеса теста [2].

Поперечный А.М., Черевно О.І., Гаркуша В.Б. и др. подают классификацию технологических процессов, проходящих в результате переработки продукта в аппаратах. Три основных процесса пищевых производств характеризуются: основной закономерностью хода, способом организации процесса и изменением параметров процесса во времени. В последующем 12 условий протекания процессов дают возможность рассмотреть организации производства по разным схемам. Характеристики свойств компонентов даны в зависимости от температуры, давления и других факторов. Они являются неотъемлемой частью применения, особенности использования в общей закономерности технологических процессов. Методы исследований и анализа связаны дифференциальными уравнениями, что описывают целый класс явлений на условиях однозначности [3].

Назаров Н.І. [4] изучал влияние удельной интенсивности замеса на качество приготавливаемого хлеба во взаимосвязи с максимальным крутящим моментом и оптимальными параметрами свойств хлебопекарных изделий. Они установили закономерность связи экстремума контролируемых параметров и оптимума качества приготавливаемого теста. Последовательность связи сохраняется в случае добавления в тесто добавок, видоизменяющих состав теста и хлебопекарных свойств муки. Авторы делают вывод: для определения

готовности теста во время замеса стоит руководствоваться экстремумами контролируемых параметров.

Анализируя в работе технологический процесс приготовления хлеба, Щербатенко В.В. [5] выделяет общепринятые схемы: опара, безопарный способы и др. В связи с этим возникает потребность за счет интенсификации периода обработки теста уменьшить длительность его замеса, взаимосвязь интенсивного замеса теста с получаемыми технологическими свойствами. Изучая итоги экспериментальных исследований, пришел к выводу, что усиленное механическое влияние на тесто имеет позитивные моменты: приводит к механокренингу крахмальных зёрен, усиливает их атакованность амилазами муки, предопределяет рост водорастворимых углеводов и сахара.

**Основная часть.** В хлебопекарном производстве интенсифицировать процесс тестоприготовления пытаются различными способами, при этом их обоснованность, эффективность и экономичность не всегда находили своё подтверждение. При этом основной целью модернизации и нововведений в тестоприготовления, является улучшение технологических параметров компонентов в период замеса, без значительных энергетических затрат. Сокращение времени замеса теста в традиционных технологиях времени, без усиления воздействия при тестоприготовлении, приводит к ухудшению качества хлеба. Стремление снизить затраты на производство теста, без снижения в дальнейшем органолептических свойств, заставляет искать пути интенсификации.

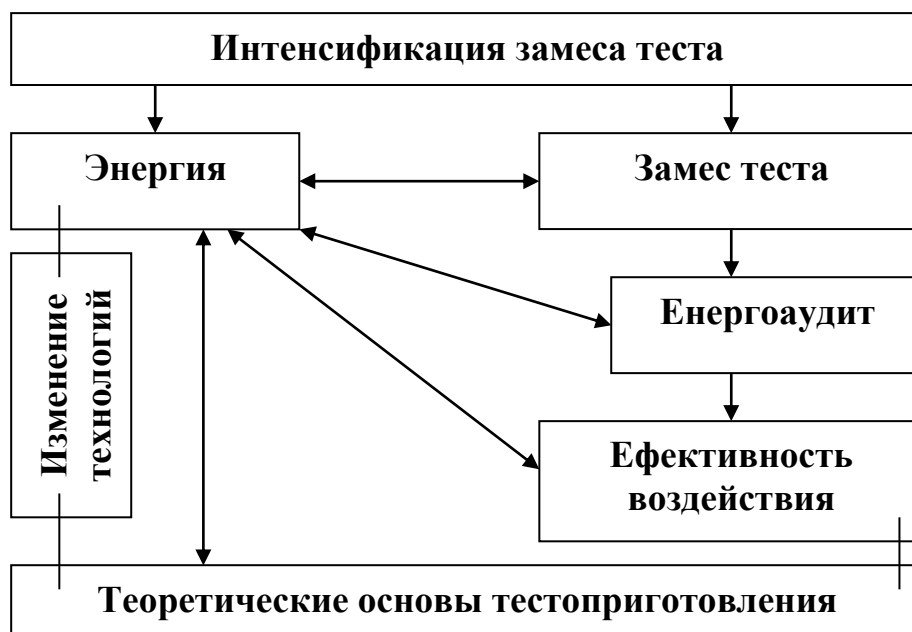


Рис.1. Структура анализа передачи энергии при замесе теста.

Одним из таких направлений является интенсификация процесса тестоприготовления, способствующая повышению качеству технологического процесса. Для решения этой проблемы необходим всесторонний анализ путей сокращения времени обработки теста и способов улучшения качественных показателей. Так как процесс замеса теста является объектом исследования, то необходимо выполнить многофакторные исследования с использованием метода планирования эксперимента и проведения конструкторских исследований, а также анализа выполненных ранее теоретических исследований. Приведенные выше фундаментальные исследования были реализованы в прикладных диссертационных исследованиях:

Киреева Т.В. исследовала направление: использование в количестве муки активированных заквасок. Они позволяют повысить показатели качества дрожжей. Газообразующая способность в среднем увеличивается в 1,5...2,0 раза, поднимающая сила полуфабриката — на 21...22 %, мальтозна активность — на 18...19 % сравнительно с показателями качества дрожжей контрольного образца. Добавление добавок позволяет сократить процесс брожения теста в среднем на 30...35 % сравнительно с процессом брожения теста традиционного способа приготовления. Все это увеличивает газообразующую способность теста (в среднем на 38...40 %). За характером кривых, которые отвечают разным видам добавок, при  $t = 150$  мин. имеет место наибольшее выделение  $\text{CO}_2$ . Дальше объем выделения  $\text{CO}_2$  уменьшается, что означает окончание процесса созревания теста (тесто готово к выпеканию) [6].

Исследования Ковбасы В.Н., проведенные на фаринографе, показали, что добавка ЕПБ в любом количестве повышает водопоглотительную способность теста на 2,2-5,4 %, а ЕПК на 0,8-2,2 %, что является предпосылкой для повышения выхода хлеба за счет увеличения влажности теста без ухудшения качества изделий. Кроме того, добавка ЕПБ в 2 раза, а ЕПК на 25 % ускоряет образование теста, при этом увеличивается разжижение теста, что может быть следствием частичного растворения набухших зерен экструзийно обработанных муки и крахмала, а также гидролитического расщепления крахмала амилазами в процессе замеса и брожения. Однако избыточная вязкость подавляет развитие пор и подъем теста в печи. Этим можно объяснить незначительное снижение удельного объема теста и хлеба при добавках ЕПБ и ЕПК в количестве соответственно 10 % и 1,5 % [7].

Анализ тестоприготовления Горбатюка В.И. [8] дает возможность определить характерные черты для каждой стадии превращения сырья. Эти представления базируются на следующих фундаментальных законах: сохранения материи, сохранения энергии, переноса массы и энергии. Данный подход базируется на: равновесию системы, кинетических равнений и классификации основных процессов. Основы перемешивания данные выходя из: цель перемешивания и получения однородной смеси; процесс осуществляется в двух и больше фазах; скорость переноса находится в зависимости от интенсивности смешивания; поверхность контакта фаз определяется подведенной энергией. Исследованные процессы которые проходят при перемешивании: механическому, текущему и пневматическому. Определенная затрата энергии на замес на основе равнений Нав'е–Стокса, а также определенные критерии движения жидкости.

Шевченко Р.И. установил, что во время замеса жидкой опары и теста процесс замеса должен достичь двух целей: снизить вязкость среды, создать условия для интенсификации дрожжевого и молочнокислого брожения. Дополнительно также было выявленый повышение газообразования на 25 – 30 %, при этом наблюдалось увеличение кислотонакопления. Так, при внесении в тесто 2,5 и 7,5 % комплексу белковых добавок предельное напряжение сдвига растет по сравнению с образцом теста без добавок соответственно в 1,28 и 1,44 раза. Внесение смеси белковых ізолятів из шрота семян амаранту и макухи сои в соотношении соответственно 1,5:1 в хлеб приводит к существенному увеличению общего количества аминокислот в хлебе - соответственно на 18,7 и 57,3 % при внесении 2,5 и 7,5 % белковой добавки [9].

Савчуком Н.И. изучалось тесто с улучшителями. Скорость его газообразования увеличивается, происходит сокращение лаг-фазы, пик максимальной активности дрожжевых клеток наблюдается на 20-30 мин. раньше, чем в тесте без добавок. Установлено, что за 3 ч. анализу теста в контрольном образце содержание водорастворимого азота увеличивается на 25,9 % к начальному, в тесте с поліпшувачем “Ново-Екстра” — на 18,9 %, при внесении поліпшувача “Ново-Альфа” — на 20,6 %, что является следствием замедления процессов пептизації и деполімеризации белковых веществ под действием составных поліпшувачів [10].

Никончуком О.А. установленная математическая зависимость между объёмом хлеба, количеством внесенного лизина, температуры

и срока брожения теста. Удельный объем хлеба с лизином увеличивается на 12 %, пористость — на 3 %, деформация мякоти — на 10 - 12 %. Исследовано влияние витаминного премикса 986 в количестве 0,24 % к массе муки, а также комплексного внесения этой дозы премикса и 0,5 %. Установлено, что удельный объем в образцах с добавками растет более интенсивно по сравнению с контролем, особенно в первые 2,5 ч. брожение. При последующем брожении интенсивность увеличения объема кое-что замедляется, но остается большей, чем в контроле. Это свидетельствует о том, что тесто выбредало и этот процесс заканчивается раньше в тесте с внесением биологически активных добавок [11].

Исследование Удворгели Л.И. влияния пектиносодержащих яблочного и свекольного порошков на технологический процесс и качество теста. Установлено, что в случае внесения ПВП повышается начальная кислотность теста, интенсифицируется кислотонакопления в процессе его созревания. Как показали исследования упруго-эластичных свойств теста, проведенные посредством фалориграфа, водопоглотительная способность теста с ЯПП и БПП, в сравнении с контрольным, повышается на 4,3 и 4,6 % соответственно, что можно объяснить более высокой водопоглотительной способностью порошков, чем муки. Длительность образования теста с ПВП сокращается на 0,2-1 мин., повышается его стойкость на 0,2-1,5 мин., эластичность уменьшается, а разжижение растет [12].

Проведенная работа показала, что интенсификация процесса замеса теста возможна и дает возможность сократить как, длительность промежутка влияния на тесто, так и времени брожения теста. Одновременно улучшаются качественные показатели как теста, так и хлеба. Понимание принципов и методов интенсификации процесса замеса теста является позитивным моментом в усовершенствовании структуры тестоприготовления. Внедрение в технологию выпуска хлебобулочных изделий новых идей подтверждает, что модернизация и корректировка технологического процесса, а также структурное изменение отдельных этапов процесса замеса теста возможна с получением значительного экономического эффекта. Попытки усовершенствования процесса замеса теста и выпуска хлеба без коренного изменения сути технологического процесса нельзя считать эффективными. Обоснование поиска разработки конструкции тестомесильных машин невозможно без глубокого анализа особенностей интенсификации производства.

**Выводы.** Рассматривая вышеизложенную информацию и анализ полученных данных, возможно прийти к заключениям:

1. Определены направления интенсификации приготовления теста. Подтверждены предпосылки, в результате получена оптимальная, теоретически обоснованная база исследований.

2. Решены тенденции фундаментальных исследований тестоприготовления. Обеспечена максимально возможная полнота изучения и выполнения исследуемых факторов на процесс замеса теста при минимальных материальных и временных расходах.

3. Установлена структура анализа передачи энергии при замесе теста. Рассмотрены математические модели, количественное представление о которых получено на базе опытных исследований.

4. Определены пути решения исследований энергетических преобразований процесса тестоприготовления. Разработанная математическая модель дала возможность исследовать процессы, проходящие в период приготовления теста.

#### Литература

1. *Анфимова Н.А.* Кулинария / Н.А. Анфимова. — 3-е изд., стер. — М.: Издательский центр "Академия", 2008. — 352 с.
2. *Бурдо О.Г.* Энергетический мониторинг пищевых производств. — Одесса: Полиграф, 2008 — 241 с.
3. *Поперечний А.М.* Процеси та апарати харчових виробництв. Підручник / За ред.. Поперечного А.М. — К.: Центр учбової літератури. 2007. - 304 с.
4. Общая технология пищевых производств. Ред. *Н.И. Назаров.* — М. Лёг. и пищ. пром-сть, 1981. — 275 с.
5. *Щербатенко В.В.* Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение его качества / В.В. Щербатенко. — М. Пищ. пром-сть. — 1976. — 231 с.
6. *Кірієва Т.В.* Наукові основи інтенсифікації виробництва і підвищення якості киргизських національних борошняних виробів. Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.18.16 /ХДУХТ./ Т.В. Кірієва. — Х. 2002. — 25 с.
7. *Ковбаса В.М.* Наукове обґрунтування високотемпературної екструзії природних біополімерів та розроблення раціональних технологій харчоконцентратів і хлібопродуктів поліпшеної якості. Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.18.01 / НДУХТ / В.М. Ковбаса. — К. — 1998 47 с.

8. Горбатюк В.И. Процессы и аппараты пищевых производств / В.И. Горбатюк. — М: Колос. 1999. — 335 с.
9. Шевченко Р.І. Розробка технології хлібобулочних виробів з використанням рослинних білків. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01. / ОНАХТ./ Р.І. Шевченко. — О. — 2003. 20 с.
10. Савчук Н.І. Удосконалення технології хліба з борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями шляхом використання поліпшувачів. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01. / НДУХТ./Н.І. Савчук.— К — 2002. 20 с.
11. Нікончук О.А. Наукове обґрунтування і розробка технології підвищення біологічної цінності хліба. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01. / НДУХТ / О.А. Нікончук.— К. — 1999. — 20 с.
12. Удворгелі Л.І. Удосконалення технології хліба з використанням пектиновмісних порошків. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01. / НДУХТ. / Л.І. Удворгелі.— К. — 2004. — 20 с.

## АНАЛІЗ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ГОТУВАННЯ ТІСТА

Янаков В.П., Ялпачик Ф.Ю.

**Анотація** - Стаття присвячена аналізу інтенсифікації процесу тістоприготування, сприяючий підвищенню якості технологічного процесу. Для рішення цієї проблеми необхідно всебічний розгляд шляхів скорочення часу обробки тесту і способів поліпшення якісних показників.

## THE DOUGH PREPARATION INTENSIFICATION ANALYSIS

V. Yanakov, F. Yalpachik

### *Summary*

**The article deals with the analysis of the dough preparation intensification continuing the increase of technological process quality. To solve this problem it is necessary to study thoroughly the ways of decreasing the time of dough preparation and methods of the quality characteristics development in detail.**

УДК 631.361.43: 664.788

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ И КАЧЕСТВА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Гвоздєв О.В., к.т.н.

Котенко В.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619) 42-13-06

**Аннотация** – работа посвящена решению задачи стратегического развития перерабатывающей отрасли путем определения приоритетных направлений развития методов повышения технического уровня и качества машин и оборудования отрасли.

**Ключевые слова** – метод, технический уровень, качество, перерабатывающая отрасль, интенсификация, рабочий процесс.

**Постановка проблемы.** Осуществление реформирования предприятий перерабатывающей отрасли на пути агропромышленной интеграции, их адаптация к рыночным условиям должно быть подчинено достижению стратегической цели развития - повышению эффективности производства, обеспечению нужд населения продуктами питания высокого качества по научно-обоснованным нормам, а также созданию конкурентоспособной продукции с целью экспорта за границу [1, 2].

Что касается существующего парка отечественных машин и оборудования, то по важнейшим показателям - производительности, материалоемкости и энергопотреблению — они не отвечают передовым достижениям науки. Мировому уровню соответствуют лишь около 20% их номенклатуры, а темпы обновления не превышают 4% в год. Многие образцы машин тяжелее зарубежных на 15...20%, причем вследствие их низкой надежности до 25% потребляемого металла расходуется на запасные части [3].

Решение задачи стратегического развития перерабатывающей отрасли тесно связано с определением приоритетных направлений развития методов повышения технического уровня и качества машин и оборудования отрасли, которые должны определяться с учетом перспектив наращивания объемов сырьевых ресурсов, загрузки



производственных мощностей предприятий, повышению уровня рентабельности производства, повышению уровня конкурентоспособности и эффективности экспорта продукции. Переломить сложившуюся ситуацию можно только в результате широкого применения методов аналитического проектирования на базе ЭВМ.

*Анализ последних исследований.* Улучшение обеспечения населения Украины продовольственными продуктами зависит прежде всего от развития технической базы хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, т.е. от технического уровня и качества машин и аппаратов перерабатывающей отрасли агропромышленного комплекса (АПК). В сфере перерабатывающей отрасли агропромышленного комплекса формируется до 70 % общего товарооборота страны. Только за счет сокращения затрат, углубления переработки пищевого сырья и повышения технического уровня и качества машин и аппаратов перерабатывающей отрасли можно увеличить производство продуктов питания на 25...30 % [1, 2].

Тем не менее в области АПК и в других областях народного хозяйства страны возникают определенные трудности в развитии перерабатывающей отрасли, усовершенствовании технологий, повышении технического уровня и качества машин и аппаратов, повышении качества производимой продукции. В перерабатывающей отрасли агропромышленного комплекса до настоящего времени используется до 40...50 % ручного труда. Низкими являются также производительность и надежность технологического оборудования [1, 2].

Сегодня в нашей стране практически отсутствуют концепции создания технических решений, необходимых для реализации последующих поколений машинных технологий. Одна из главных причин возникновения такого положения заключается в том, что каждое вновь созданное техническое решение в большинстве случаев базируется на уже существующих решениях. Т.е. количество создаваемых технических решений переходит до бесконечности. В какой-то мере эта бесконечность прогнозируется с помощью разнообразных моделей, эффективность которых, по обыкновению, является недостаточной для проектировщиков и производителей [4, 5].

Поэтому, в настоящее время в условиях энергетического кризиса существует насущная необходимость в выполнении оценки технического уровня машин и реальных затрат на переработку сельскохозяйственного сырья перерабатывающими предприятиями и определение направлений совершенствования оборудования. Решение этой задачи включает такие этапы: выбор количественных и

качественных характеристик (критериев) машин для сравнительного анализа; выбор лучших отечественных и зарубежных аналогов технологий и машин, которые их реализуют; собственно, проведение сравнительного анализа за техническими и экономическими критериями и выбор лучшего варианта из них.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является обоснование основных методов повышения технического уровня и качества машин и оборудования агроперерабатывающего комплекса.

**Основная часть.** Несмотря на специфику перерабатывающих отраслей, все пути повышения технического уровня и качества машин и аппаратов можно объединить в следующие группы [6, 7]:

- конструктивные, связанные с разработкой машин и аппаратов с высокими технико-экономическими параметрами;
- технологические, при которых уровень качества машин и аппаратов обеспечивается за счет прогрессивных технологий;
- эксплуатационные, связанные с уменьшением трудоемкости и со снижением расхода ресурсов при эксплуатации машин и аппаратов;
- организационные, к которым можно отнести меры по стандартизации, экономическому стимулированию и ряд других мер, направленных на управление процессом формирования технического уровня и качества оборудования на всех стадиях его жизненного цикла от разработки до снятия с производства.

В таблице 1 приведены пути повышения технического уровня и качества машин и аппаратов, достигаемого на стадиях их проектирования, изготовления и эксплуатации, а также за счет организационных мер.

Технический уровень оборудования определяется уровнем научных исследований, результатом которых являются исходные требования к разработке нового оборудования. Технический уровень будущего изделия зависит от выбора типажа оборудования. Одним и тем же требованиям и условиям эксплуатации могут соответствовать машины и аппараты различного типа.

Здесь следует отметить, что прогресс в мировом машиностроении, являющемся ведущей отраслью современной техники, определяется созданием точных, надежных и высокопроизводительных машин различного назначения. В связи с существенным усложнением структуры машин резко возрос уровень требований к их разработке. Поэтому вместо традиционных эмпирических методов проектирования происходит ускоренный переход к более эффективным аналитическим, в основе которых лежат математическое моделирование и оптимизация [3].

Таблица 1 - Пути повышения технического уровня и качества машин и аппаратов

Пути повышения технического уровня и качества машин	Стадия			
	Проектирования	Изготовления	Эксплуатации	За счет организационных мер
Выбор прогрессивного типажа	х	-	-	х
Переход от машин и аппаратов периодического действия к непрерывно действующим	х	-	-	х
Повышение единичной мощности (производительности)	х	-	-	х
Моделирование и оптимизация конструкции и режимов работы с применением компьютерных программ	х	-	х	-
Интенсификация рабочих процессов	х	-	х	-
Переход на новую конструктивную основу	х	-	-	-
Выбор рациональной кинематической схемы и компоновки узлов	х	-	-	-
Внедрение научно обоснованных запасов прочности изделий	х	-	-	х
Применение рациональных сортаментов и марок материалов	х	х	х	х
Применение прогрессивных конструкторских решений, позволяющих использовать малоотходную или безотходную технологию изготовления	х	х	х	-
Повышение надежности	х	х	х	х
Повышение точности изготовления деталей	х	х	х	-
Совершенствование механизма ценообразования	-	-	-	х
Совершенствование системы материально – технического снабжения	-	-	-	х
Внедрение дизайна	х	-	-	х

Примечание: х – технический уровень повышается; -- - технический уровень не повышается

Применение аналитического проектирования позволяет снизить металло- и энергоемкость машин на 10...30%, а в ряде случаев - в несколько раз. При этом значительно повышаются технико-экономические показатели машин.

Согласно приведенной таблицы 1 проанализируем методы повышения технического уровня и качества машин и аппаратов, достигаемого на стадиях их проектирования, изготовления и эксплуатации, а также за счет организационных мер.

В перерабатывающем машиностроении в последние годы широкое распространение получило агрегатирование и создание высоконадежного недорогого оборудования, построенного на блочно-модульному принципе с улучшенными показателями по удельной энерго- и материалоемкости, как для малых, так и для больших перерабатывающих предприятий, что является основой продовольственной базы страны [8,9,10].

Повышение технического уровня машин и аппаратов обеспечивается также при переводе их с периодически действующих на непрерывные конструкции, позволяющие в среднем получить экономию до 20 % металлопроката [7].

Повышение единичной мощности агрегата приводит к снижению его удельной материалоемкости, поскольку масса и габариты оборудования всегда увеличиваются в меньшей степени, чем их мощность или производительность. Однако повышение единичной мощности эффективно влияет на снижение материалоемкости машин и аппаратов до определенного предела, после которого следует переходить на новую конструктивную основу (принципиально новую конструкцию) или применять другие методы, например, интенсификацию рабочих процессов, моделирование, оптимизацию и др.

На технический уровень машины влияет выбор ее кинематической схемы и компоновки сборочных единиц. Кинематическая схема машины определяет степень ее сложности, в частности, многозвенность, от которой зависит надежность машины и ее масса. Сокращение протяженности кинематической цепи приводит к уменьшению количества деталей машины, а следовательно, и ее массы. Упрощение кинематических схем возможно за счет сокращения количества звеньев и передаточных механизмов, уменьшения числа рабочих органов, имеющих привод, выбора более совершенных конструкций передач и передаточных механизмов, использования гидравлических, пневматических приводов и тихоходных электродвигателей.

Снижение материалоемкости машин и повышение их надежности может быть получено за счет рациональной компоновки деталей и узлов, которая сводится к сокращению расстояний между опорами и приближению их к месту приложения нагрузок,

соединению двух или нескольких механизмов в один, упразднению отдельных деталей или узлов за счет передачи их функций другим.

На технический уровень и качество машин и аппаратов существенное влияние оказывает выбор и применение сортамента и марок конструкционных материалов. От использования конструкционных материалов зависит материалоемкость оборудования, его надежность и долговечность, трудоемкость изготовления и эксплуатации и ряд других важных технико-экономических показателей.

Для одной и той же конструкции можно применить различные конструкционные материалы. Выбор материала зависит от его физико-механических свойств (предел прочности на растяжение, сжатие и др.), а также специальных свойств (теплопроводность, коррозионная стойкость и т. д.). Решающее влияние на выбор материала оказывают фактор экономичности, а также технологические особенности материала — ковкость, литейные свойства, обрабатываемость и др.

Рациональный выбор материалов позволяет уменьшить габаритные размеры и массу оборудования, повысить его эксплуатационные качества и снизить себестоимость.

Прогрессивным направлением в снижении материалоемкости машин является использование рациональных профилей проката, уменьшающих или вовсе устраняющих механическую обработку за счет приближения к форме будущей детали. По данным анализа, несоответствие конструктивных форм прокатываемых профилей металла конструктивным формам деталей машин и аппаратов вызывает потери металла в отходы в различных отраслях машиностроения в среднем в пределах 15—20 % от объема поступающего проката, причем почти половина этого количества уходит в стружку.

Если на стадии конструирования машины или аппарата решающее значение для снижения их массы и повышения технического уровня имеет выбор конструктивных форм и материала, то на стадии изготовления такую же роль играет технология обработки, рациональный выбор которой обеспечивает высокий уровень качества изделия. Главное направление изменения структуры технологии — увеличение удельного веса получистовых и чистовых отделочных операций в общем объеме обработки деталей при сокращении удельного веса заготовительных операций.

Повышение технического уровня продукции машиностроения стимулируется также ценообразованием. В зависимости от эффективности и качества продукции, определяемой путем ее сертификации, устанавливается надбавка или скидка к цене за эффективность продукции.

Повышение технического уровня и качества оборудования во многом достигается в результате концентрации, специализации и кооперирования производства.

В последние годы одним из путей повышения технического уровня и качества отечественного оборудования является развитие международного научно-технического сотрудничества на взаимной основе. С этой же целью создаются совместные предприятия с иностранными фирмами, выпускающие оборудование на основе кооперации по международным стандартам. При этом широко внедряется дизайн и микропроцессорная техника.

Анализ приведенных выше методов повышения технического уровня и качества машин и аппаратов показывает, что каждый из них может использоваться как отдельно, так и в сочетании друг с другом.

Например, при конструировании машины может быть повышена ее единичная мощность при одновременном выборе рациональной кинематической схемы с использованием прогрессивных сортаментов и марок материалов. Естественно, что в этом случае возможности повышения технического уровня будут использованы полнее. Наиболее целесообразным является сочетание мер повышения технического уровня и качества, достигаемых одновременно при конструировании, за счет прогрессивной технологии изготовления, а также эффективной эксплуатации. Предпосылки к этому формируются при разработке изделия.

По данным специалистов, до 75 % экономии металлопроката можно обеспечить на стадии проектирования новой машины. Подсчитано, что в общем объеме экономии металлопроката технологические меры составляют в среднем до 40 %, применение проката улучшенного качества — 30, заменители металла — 8, усовершенствование конструкций и весовых характеристик машин — более 20% [6, 7].

Интенсификация рабочих процессов является одним из наиболее эффективных путей повышения технического уровня и качества машин и аппаратов. Интенсификация позволяет снизить материалоемкость оборудования в 1,5—2 раза, а в ряде случаев — в 10 раз. При этом уменьшаются его габаритные размеры, стоимость, значительно повышаются технологические показатели.

Ввиду многообразия методов интенсификации рабочих процессов их обычно классифицируют по средствам достижения цели на: конструктивные, режимные и комбинированные (комплексные).

При использовании конструктивных методов интенсификации процессов положительный эффект достигается в результате изменения конструкции оборудования.

В случае применения режимных методов интенсификации повышение уровня основного параметра достигается изменением режимов работы оборудования, например, увеличением скорости потока, наложением на поток вибраций, пульсаций и т. п.

При сочетании нескольких (единичных) методов получают комбинированную или комплексную интенсификацию. В этом случае положительный эффект (повышение производительности, снижение энергозатрат и др) будет выше, чем при использовании единичных методов, так как каждый из обоих методов в отдельности направлен на улучшение конечного результата (повышение производительности, снижение энергозатрат и др). В то же время оба метода интенсификации могут привести к некоторым отрицательным эффектам (увеличению гидравлического сопротивления, трения, энергопотребления). Поэтому на практике стремятся комбинировать методы интенсификации таким образом, чтобы устранить или свести к минимуму отрицательные их воздействия.

В настоящее время известно большое количество различных методов интенсификации рабочих процессов, однако многие из них пока находят ограниченное применение в технике, так как изучены только на уровне поисковых работ. В их число входят: гидродинамические, вибрационно-акустические, магнитные, электрохимические, химические, электрогидродинамические и ряд других.

К гидродинамическим методам интенсификации относят гидравлические пульсации, гидроудар и электрогидроудар, вибротурбулизацию, суперкавитацию, вдув воздуха и пара в жидкость и другие методы, изменяющие гидравлические режимы течения жидких продуктов.

Методы интенсификации процессов мойки и очистки сырья от примесей основываются на использовании струйных течений, удара струи о преграду, затопленных стационарных и пульсирующих струй, веерных струй и других разновидностей гидродинамических воздействий. В последнее время используют более эффективные методы — вибротурбулизацию, инфразвук, электрогидроудар, суперкавитацию и др.

Явление вибротурбулизации проявляется в закрытом вертикальном аппарате, заполненном на 85—90 % высоты жидким продуктом и приведенным с помощью вибрации в состояние вертикальных колебаний с ускорением выше  $10 \text{ м/с}^2$  с помощью ультразвукового генератора УЗГ – 3- 04. В этом случае возникает резонансное состояние жидкости и воздуха, находящихся в аппарате. Образуется однородная газожидкостная смесь, заполняющая весь объем аппарата и напоминающая кипящий раствор. Вследствие высоких скоростей потока время процесса мойки или растворения сокращается почти в 40 раз, что приводит почти к такому же по величине уменьшению массы аппарата [11, 12].

Вибрационные явления можно довольно просто применить при мойке овощей в вентиляторной моечной машине (патент Украины на полезную модель 3421290).

Для интенсификации процессов измельчения и перемешивания могут быть использованы явления кавитации. Кавитационные воздействия на частицы связаны с захлопыванием кавитационных каверн (паровых пузырьков).

Кавитационные устройства, которые применяются в пищевой и перерабатывающей промышленности, имеют существенные технологические преимущества в сравнении с другим оборудованием, предназначенным для выполнения гомогенизации, перспективным из которых является кавитационный смеситель.

Установлено, что качество обработки молока с помощью гидродинамической кавитации выше чем после гомогенизации в клапанном гомогенизаторе и позволяет получать конечный продукт с преобладающим содержанием мелкодисперсной фазы до 65% с размерами жировых шариков до 1 мкм. Причем удельные затраты энергии у разработанного кавитационного смесителя (по патентам Украины на полезные модели №31086 та №41126) составляют лишь 1,2 кВт ч/т, что в 2 и более раз ниже чем у клапанных гомогенизаторов.

Для интенсификации процессов измельчения и перемешивания также могут быть использованы явления высокочастотных колебаний рабочих органов.

Как показал анализ научно-технической информации и собственные исследования, наиболее перспективным устройством для гомогенизации молока, являются импульсные гомогенизаторы с возмущением среды за счет высокочастотных колебаний рабочего органа. Установлено, что обработка молока с помощью разработанного импульсного гомогенизатора ( по патентам Украины на полезные модели №31092, №37355) позволяет получать конечный продукт с преобладающим содержанием жировых шариков до 0,9 мкм. Оптимальная кратность обработки молока жирностью 2,5...2,7% равняется двум, причем эффективность гомогенизации наибольшая при температуре 60°C (74...77%). Экономический эффект от замены клапанного гомогенизатора А 1-ОГ2М-2,5 на импульсный достигается снижением удельных затрат энергии в 1,5...1,7 раза. При этом мощность на повод снижается почти в 20 раз [13, 14].

Интенсификацию рабочего процессу обработки технологических сред можно осуществить с помощью роторно – пульсационных аппаратов (патент Украины на полезную модель №41129), а также реверсивно – вибрационного фильтра (по патентам Украины на полезные модели №59761А, №4967 и №19680).

На основе теоретических и экспериментальных исследований определили следующие конструктивные параметры реверсивно – вибрационного фильтра: площадь фильтровальной перегородки 0,07 м<sup>2</sup>, удельная пропускная способность фильтра 0,014 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>, время каждого цикла фильтрования состоит из времени непосредственной фильтрации (0,47 сек), времени промывки осадка



(0,13 сек) и времени реверсирования (до 10 сек). Экспериментально определили давление фильтрации суспензий типа соков, пищевых продуктов (мелко измельченная масса томатов после протирочной машины) в реверсивном фильтре, которое необходимо поддерживать в пределах 0,10...0,15Мпа [15].

Как отмечено рядом исследователей, [16,17,18] дальнейшее совершенствование конструкции клапанных гомогенизаторов не приводит к существенному уменьшению энергозатрат. Поэтому остается актуальной задача дальнейшего исследования механизмов измельчения жировой фазы молока для разработки новых, более эффективных способов гомогенизации с целью уменьшения энергоемкости процесса гомогенизации и увеличения степени диспергирования молочного жира.

Сравнительная характеристика наиболее перспективных видов гомогенизаторов показывает, что разработанный нами противоточно – струйный гомогенизатор ( по патентам Украины на полезные модели № 6601, №7777, №11058, №36069) имеет наивысшую степень гомогенизации и в 1,3...4,7 раза меньшие энергозатраты [19].

Как видно из сказанного выше, сущность интенсификации заключается в ускорении рабочего процесса в оборудовании, чем достигается повышение его производительности или при той же производительности и качестве работы— уменьшение энергозатрат, габаритных размеров и массы.

**Выводы.** Решение задачи стратегического развития перерабатывающей отрасли тесно связано с определением приоритетных направлений развития методов повышения технического уровня и качества машин и оборудования отрасли, которые сводятся к созданию точных, надежных и высокопроизводительных машин различного назначения. В связи с существенным усложнением структуры машин резко возрос уровень требований к их разработке. Поэтому вместо традиционных эмпирических методов проектирования происходит ускоренный переход к более эффективным аналитическим, в основе которых лежат математическое моделирование и оптимизация.

Интенсификация рабочих процессов является одним из наиболее эффективных путей повышения технического уровня и качества машин и аппаратов перерабатывающей отрасли. Интенсификацию рабочих процессов необходимо проводить согласно средствам достижения цели конструктивными, режимными и комбинированными методами.

В настоящее время известно большое количество различных методов интенсификации рабочих процессов, однако многие из них пока находят ограниченное применение в технике, так как изучены только на уровне поисковых работ. В их число входят: гидродинамические, вибрационно-акустические, магнитные, электрохимические, химические, электрогидродинамические и ряд

других.

#### Література.

1. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв/[ Дацишин О.В., Ткачук А.І., Гвоздєв О.В. та ін.]; за ред. О.В. Дацишина. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 488 с.
2. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: / [О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, М.М. Сердюк]. – К.: Вища освіта. 2006. – 479 с.
3. Сухарев Э.А. Параметрическая оптимизация машин и оборудования: Учебное пособие / Э.А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2007. – 179 с.
4. Кошулько В.С. Алгоритм пошуку технічних рішень процесів післязбиральної обробки зерна / В.С.Кошулько, Ю.О. Чурсінов Вісник Дніпропетровського ДАУ.– 2008. №1. С. 35 – 38.
5. Жук Д.К. Построение современных систем автоматизированного проектирования / Д.К. Жук. – К.: Наукова думка, 1983. – 205 с.
- 6.Белик В.Г. Технический уровень машин и аппаратов: пути его повышения. / В.Г. Белик. – К.: Техника. – 1991. – 200 с.
7. Панфилов В.А. Научные основы развития технологических линий пищевых производств / В.А. Панфилов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 245 с.
8. Липкович Э.И. Элементно - агрегатная база: концепция и методические основы разработки / Э.И. Липкович.// Вестник РАСХН - 1996. - № 6. - С. 4-7.
9. Кормановский Л.П. Энергосбережение - первостепенная задача в предстоящем столетии / Л.П. Кормановский // Техника в сельском хозяйстве. -1999. - № 3. - С. 6.
10. Антипов С.Т. Научно-технический потенциал агропромышленного производства / С.Т. Антипов // Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности: Сб. науч. тр./ Воронеж, гос. технол. акад. - Воронеж, 1995. - Вып. 5. - С. 4 - 8.
- 11.Гвоздєв А.В. Анализ принципов действия машин для мойки сырья./ А.В. Гвоздєв, А.Н. Кузьменко // Труды ТГАТА, Мелитополь, вып. 2, т 12,1999., с. 65 - 70.
- 12.Гвоздєв А.В. Кинематика барботируемого воздушного потока в машине для мойки плодовоовощного сырья./ А.В. Гвоздєв, А.Н. Кузьменко // Труды ТГАТА. Мелитополь, вып. 1, т. 15, с. 54 — 59.
13. Гвоздєв О.В. Кавітаційне оброблення технологічних середовищ / О.В. Гвоздєв, Л.І. Мазурик // Перспективна техніка і технології – 2008. Миколаїв, МДАУ, 2008. – С. 69 - 71
14. Гвоздєв О.В. Лабораторно – експериментальні дослідження імпульсного гомогенізатора молока / О.В. Гвоздєв, Н.О. Паляничка, І.В. Ляшок // Вісник Харківського УСГ ім. П. Василенко./ Сучасні

напрямки технології та механізації переробних і харчових виробництв. Вип. 74. Харків. 2008. – С. 98 – 105.

15. *Гвоздєв О.В.* Експериментальні дослідження реверсивно – вібраційного фільтру / О.В. Гвоздєв, О.О. Іванова // Вісник аграрної науки Причорномор'я / - Миколаїв: МДАУ. Спец. Вип.. 2 (41). – 2007. С. 211 – 213.

16. *Самойчук К.О.* Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока. Дисертація на здобуття наук. ступ. канд. тех. наук. / К.О. Самойчук. –Донецьк. 2008. 155 с.

17. *Орешина М.Н.* Разработка импульсного гомогенизатора на основе исследования дробления жировых шариков молока: дис. канд. техн. наук / М.Н. Орешина. – Орёл, 2001. – 126 с.

18. *Нужин Е.В.* Гомогенизация и гомогенизаторы / Е.В. Нужин , А.К. Гладушняк // Монография – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264 с.

19. *Гвоздєв О.В., Самойчук К.О., Оболенцев О.О.* Методика розрахунку та розробка промислового зразка протитечійно – струменевого гомогенізатора молока./ О.В. Гвоздєв, К.О. Самойчук, О.О. Оболенцев // Праці ТДАТУ. Мелітополь. Вип. 8, т. 7. 2008. – С. 21 – 27.

## **МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ І ЯКОСТІ МАШИН І УСТАТКУВАННЯ ПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ**

Гвоздєв О.В., Котенко В.І.

*Анотація* - Робота присвячена рішенням задачі стратегічного розвитку переробної галузі шляхом визначення пріоритетних напрямів розвитку методів підвищення технічного рівня і якості машин і устаткування галузі.

## **METHODS TO IMPROVE THE PERFORMANCE STANDARDS AND QUALITY OF THE MANUFACTURE MACHINERY**

O. Gvozdev, V. Kostenko

### *Summary*

**The work deals with the solution of the problem of manufacture strategic development by means of identifying priority lines of methods to improve the performance standards and quality of the manufacture machinery.**

УДК 631. 363.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА

Червінський Л.С., д.т.н.,

Сторожук Л.О., к.т.н.

Петриченко С.В., к.т.н.

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**Анотація** – робота аналізує сучасні та перспективні технології переробки зерна на корм тваринам, розглядаючи концептуальні засади та закономірності їх розвитку у напрямку просування до оптимальних варіантів ресурсозбереження та з максимальним використанням потенціалу кормових якостей зерна і продуктивності тварин.

**Ключові слова** – зерно, переробка, корм, подрібнення, технологія.

**Постановка проблеми:** Основою ефективного розвитку тваринництва є повноцінна годівля тварин, достатня кількість кормів, їх якість, яка визначається вмістом поживних речовин.

Відповідно до зоотехнічних вимог, у разі приготування кормів, найбільш цінними є зернові суміші, які складаються із зернових, бобових культур, соковитих кормів та різноманітних добавок.

Існують сухі корми та вологі:

- Сухі корми – це результат помолу або здрібнювання, де вологість не перевищує 14%;

- Вологі корми - корми з тієї ж суміші, де вологість приготовлених комбікормів для великої рогатої худоби складає 30-60 % суміші, для свиней – напіврідкі, від 60 ÷ 80%, для випоювання молодняка - понад 80% .

Досвід показує, що годування зерном в природному вигляді – не доцільно. Зернові корми подрібнюють, зволожують, підігривають, варять, запарюють, змішують. Основними із цих засобів, в теперішній час, є подрібнення, змішування та запарювання, підігрів корму або води. Біологічну цінність кормів підвищують введенням збагачувальних сумішей або преміксів, що складаються із активних компонентів (15-20%) – мікроелементів, амінокислот, вітамінів, тощо.

Дослідження історії науки і техніки переробки кормового зерна дозволяє вивчати процес еволюції наукових ідей, технологічних прийомів, форм організації створення машин, що відповідають раціональним технологіям і їх науковому забезпеченню з метою відтворення цілісної, хронологічно пов'язаної з умовами життя суспільства, картини стану зберігання та переробки кормового зерна, як предмету практичної діяльності людини, виявлення концептуальних засад та закономірностей її розвитку в Україні.

**Основна частина:** Останні періоди розвитку людства, і особливо ХХ ст., характерні бурхливим розвитком не лише сільськогосподарських наук, а й фундаментальних та прикладних технічних наук, що дало змогу створювати кормопереробні машини на нових, більш досконалих та ресурсозберігаючих принципах.

Використовуючи досягнення науки і техніки, з'явилася можливість переглянути технологічні прийоми зберігання та переробки кормового зерна, які виникли в глибоку давнину, але, зважаючи на ступінь недостатнього вивчення цих питань і неможливість, на той час, забезпечення вимог технологічних параметрів, не набули широкого впровадження нашими предками, а можливо з вказаних причин, до останнього часу, навіть частково були позабуті.

Як у давні часи, так і у сьогоденні, процеси, пов'язані з використанням зерна для годівлі тварин, можна згрупувати в дві пов'язані форми діяльності людини: перша – це заготівля зернової сировини і організація її зберігання, друга – переробка зерна до стану, придатного для згодовування тваринам [1].

Дослідження становлення та розвитку технологій підготовки кормового зерна до згодовування тваринам показують, що сучасні технології своїми коренями сягають у глибоку давнину (рис.1).

Технологія подрібнення зернотерками та жорнами у давнину набула найбільшого вжитку, поступово вдосконалювалась, як за режимами подрібнення, так і за технічними знаряддями по її виконанню. Вона створила передумови виникнення таких перспективних напрямів технологій, як: подрібнення з одержанням сухого розсипного корму способами різання, удару, за УДА-технологією та в змінних енергетичних полях; екструдкування зерна; одержання пластівців пониженої вологості при поєднанні процесів мікронізації та плющення або обробки гарячим повітрям та плющенням; подрібнення у водному середовищі з одержанням гомогенізованої маси. При різанні зерна досягається рівномірність розмірних характеристик продуктів подрібнення, що покращує засвоєння корму. Застосування матеріалів підвищеної зносостійкості дозволяє широко застосовувати вказану технологію у виробництві.

Подрібнення кормового зерна ударом, незважаючи на обізнаність з цим способом з давніх часів, у виробництві почало

застосовуватися лише на межі XIX-XX ст. У кінці XIX ст. почав розвиватися новий напрямок подрібнення, так звана УДА- технологія, направлена на створення у подрібненому продукті поліпшених властивостей поверхні, тобто механічної активації матеріалу.

Стосовно зернових матеріалів, активація продуктів помолу, пов'язана з підвищенням поживності корму, має місце при збільшенні швидкості руху органів подрібнення до 120-150 м/с, замість 75-80 м/с в молоткових дробарках.

За останні роки проводяться значні роботи з пошуку експлуатаційно досконалих способів подрібнення зерна в змінних енергетичних полях. Одним з таких способів є подрібнення зерна у вихровому полі феромагнітних частинок, розробленому в КПІ.

Екструзія зерна – це спосіб приготування корму із сухого зерна при стисненні його у закритій камері неперервної дії. При цьому температура підіймається до 120-135 °С, тиск зростає до 1,3-1,5 МПа, зерно пластифікується за рахунок власної вологи, складні вуглеводи частково розпадаються до більш засвоюваних організмом декстринів, а при виході з камери, внаслідок перепаду температур, відбувається розривання крохмальних зерен. Все це приводить до значного (12-15%) підвищення поживності корму [3].

Обробка зерна інфрачервоними променями набуває в останні роки широкого виробничого застосування. Цей спосіб називається ще мікронним колоїдним подрібненням. Сутьність технології полягає у тому, що зерно піддається дії інфрачервоних хвиль, які проникають через верхню оболонку зерна, викликають інтенсивну вібрацію молекул (це явище є ознакою назви способу), за рахунок чого зерно пом'якшується, розбухає та розтріскується. Джерелом інфрачервоних променів може бути електрострум, або природний газ. При такій обробці зерна підвищується загальна перетравність його поживних речовин.

Подрібнення зерна у водному середовищі є новим способом переробки, направленим на одержання рідкого корму у співвідношенні зерна до води 1:2. Кормоприготувальний агрегат оснащується гідромлином-змішувачем за допомогою якого зерно подрібнюється до розміру частинок 0,4-1,4 мм і гомогенізується [4].

З появою механічної енергетики приводу вказаний спосіб замочування використовувався рідко, але в останній час, з появою додаткових технічних можливостей, на базі принципів призабутої технології появилася, з одного боку, технологія відновлення (ферментації) зерна, а з другого – набула нових можливостей технологія пророщування зерна, як способу одержання вітамінізованого корму.

Відновлення зерна є чи не єдиним способом підвищення його поживності без значних енерговитрат. Технологія відновлення полягає у доведенні вологості сухого зерна до 25-30%, наступному

зберіганні у герметичних баштах протягом 24 годин і плющенні перед згодовуванням. При цьому зменшуються витрати енергії на руйнування зерна, не допускається утворення пилоподібної фракції при переробці і покращується процес поїдання такого корму тваринами. Підвищення кормової цінності відбувається за рахунок процесів ферментації.

За останні роки розроблені системи регульованого освітлення зерна та засоби механізації виконання робіт, що дозволяють одержувати дешеву продукцію в необхідній для господарства кількості. Фізичні явища, на яких базувалась технологія зволоження поверхні та механічне руйнування зерна, у кінці ХХ ст. набули нового застосування у технологічному поєднанні процесів пропарювання та плющення зерна.

Пропарювання зерна при атмосферному тиску з наступним плющенням у кормовиробництві існує біля 40 років, і до цього часу ця технологія добре апробована практикою. У деяких випадках для рівномірного прогрівання зерна і просушування поверхні вальців їх температура підтримується на рівні температури в камері пропарювання. Пропарювання зерна під тиском є подальшим кроком комбінованої дії вологи, тепла та механічної обробки. Основною перевагою є можливість приготування зерна за 2 – 3 хвилини у порівнянні з 15 – 20 хвилинами без використання тиску.

У кінці ХХ ст. на спосіб проварювання була знову звернена увага технологів, але вже у режимі запарювання з метою знешкодження термічною обробкою ураженого грибами та шкідливою мікрофлорою зерна. Для проведення запарювання зерна створені засоби механізації, які передбачають подачу пари у герметично закриті місткості, перемішування зернової маси та витримку її протягом 1 – 2 годин [2].

Технологія підсмажування зерна розроблялася у 90-ті роки в Українському науково-дослідному інституті кормів (м. Вінниця). Її виробнича апробація дала хороші результати. Суть технології полягає у тепловій обробці зерна кондиційної вологості у герметичній камері з розміщеними в ній ТЕНами, яка обертається для досягнення рівномірної подачі тепла до кожної зернинки і відповідно недопущення явищ підгоряння зерна у зонах, що прилягають до поверхні ТЕНів [6].

**Висновки.** Подані вище матеріали вказують, що сучасні технології переробки кормового зерна не з'явилися на пустому місці, а мали під собою основу, що своїми коренями уходить у глибоку давнину, і у процесі діяльності людини ці технології, з одного боку, створювали умови життєзабезпечення, а з другого – сприяли накопиченню інформації, яка, незалежно від тривалості періоду між давниною і сучасністю, дозволяє відроджувати, при нових розширених технічних можливостях, раціональну організацію сучасних технологій.

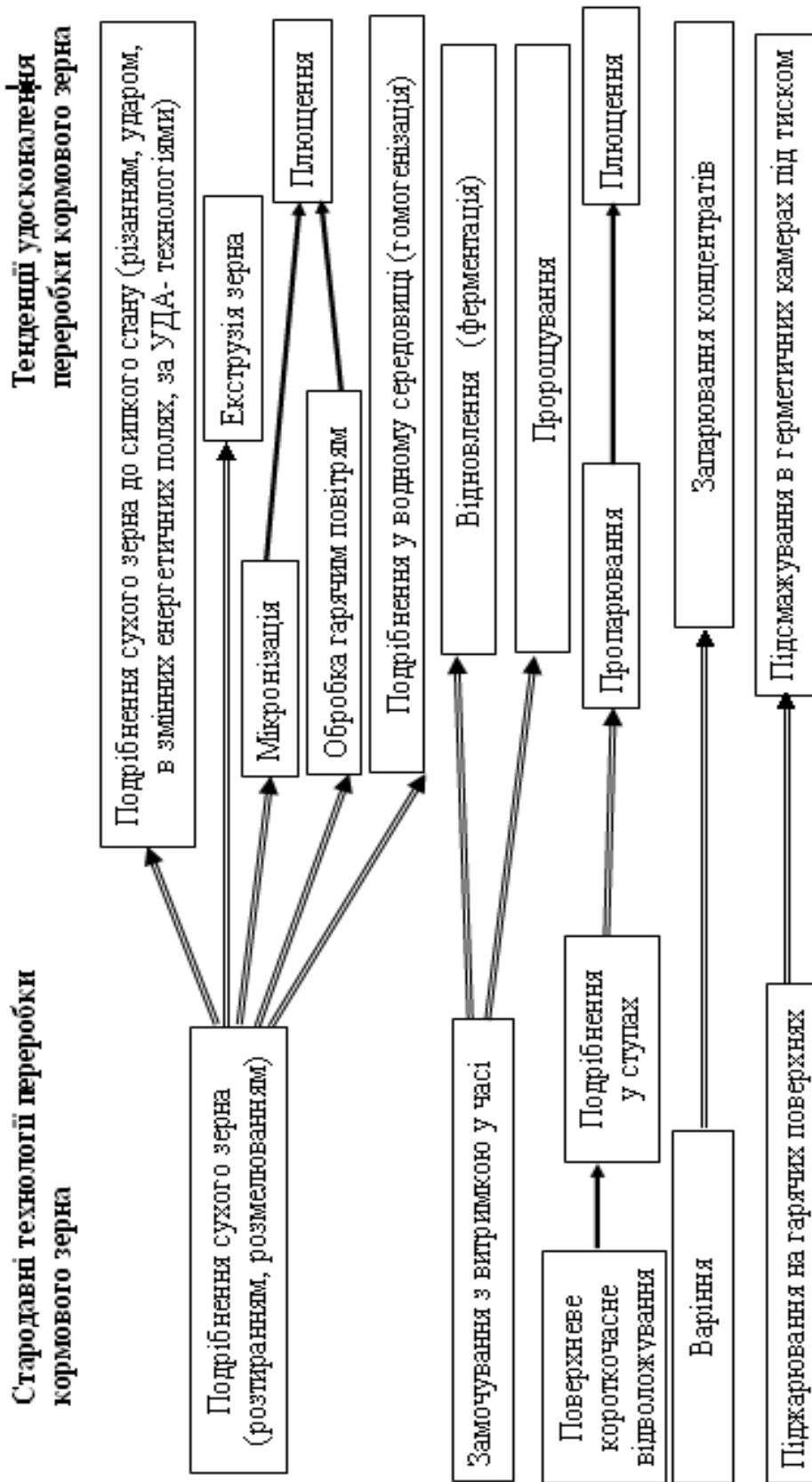


Рис. 1. Зв'язки стародавніх технологій підготовки зерна до згодовування з перспективними напрямками переробних технологій



## Література

1. Велесова книга: духовний заповіт предків. –К.: Велес, 2004, С. 256.
2. *Захарченко В.В.* Зерносовище / В.В. Захарченко // Українська сільськогосподарська енциклопедія, т. 2. –К.: Вид. Української енциклопедії 1971, с. 49-50
3. *Кузаков В.К.* К анализу “элементов” историографии истории науки / В.К. Кузаков //Архив истории науки и техники, вып 1. –М.: Наука. 1995., - с. 37-61.
4. *Новиков Ю.Ф.* Беседы о животноводстве / Ю.Ф. Новиков. –М.: Молодая гвардия. 1975, с. 224.
5. *Рузавин Г.И.* Методы научного исследования / Г.И. Рузавин. –М.: Мысль. 1974. С. 238.
6. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1986-1995 г.г. Часть II, Животноводство”. -М.: Госагропром СССР. 1988. С. 354-369.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

Червинский Л.С., Сторожук Л.О., Петриченко С.В.

*Аннотация* - работа анализирует современные и перспективные технологии переработки зерна на корм животным, рассматривая концептуальные основы и закономерности их развития в направления продвижения к оптимальным вариантам ресурсосбережения и с максимальным использованием потенциала кормовых качеств зерна и производительности животных.

## RESEARCH OF TENDENCIES OF APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES OF CORN PROCESSING

L. Chervinskiy, L. Storozhuk, S. Petrichenko

### *Summary*

The work analyzes modern and perspective technologies of feed corn processing, examining conceptual bases and regularity in their development in directions of reaching the optimum variants of resource-saving and with the maximal use of potential of forage corn qualities and animals productivity.

УДК 631.363:636.085.5

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГРАВІТАЦІЙНИХ ЗМІШУВАЧІВ

Гвоздев О. В., к.т.н.,  
Аблогін А. М., аспірант\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*  
Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – Змішування комбікормів є дуже важливим процесом у сучасній промисловості, який часто зумовлює якість продукту в цілому. Однак, сьогодні змішувачі не характеризуються низьким енергопостачанням та високою однорідністю суміші. Це зумовлює необхідність зниження енергоспоживання змішування. У статті проаналізовані існуючі гравітаційні змішувачі; визначені їх переваги і недоліки, та висунуті пропозиції щодо їх вдосконалення.

**Ключові слова** – змішувач, гравітація, сипучі матеріали.

**Постановка проблеми.** Змішування гранульованих (або сипучих) матеріалів є дуже розповсюдженим процесом в сучасній промисловості, від якого досить часто залежить загальна якість продукції. Надзвичайна розповсюдженість даного процесу та різноманіття змішуваних матеріалів обумовили створення великої кількості конструкцій змішувачів [1, 2], але, нажаль, не всі вони володіють максимальною ефективністю. В той самий час відмічається надмірне використання енергії на виконання цього процесу [2, 3], що обумовлює необхідність зниження питомих енергозатрат на змішування.

**Постановка завдання.** Згідно описаної вище проблеми нами поставлена задача проаналізувати конструкції змішувачів сипучих матеріалів з метою виявлення їх загальних недоліків, та на підставі цього аналізу розробити рекомендації щодо зменшення їх впливу. У зв'язку із різноманіттям змішувачів ми зосередимося лише на групі змішувачів гравітаційного типу, які мають найбільший потенціал з точки зору енергозбереження [1, 2]. Крім того, маючи на увазі загальний недолік змішувачів даного типу – низьку однорідність готової суміші – спробуємо виявити його причини та шляхи подолання.

**Основна частина.** Змішувач пересипного типу [4] (рис.1а) складається із двох похилих поверхонь 1, 2 та двох дозуючих бункерів 3 і 4. Перший матеріал, що підлягає змішуванню, з бункеру 3 подається на верхню частину поверхні 1. При подальшому русі по поверхні потік матеріалу розсіюється у тонкий розріджений шар. Аналогічним чином другий компонент з бункеру 4 перетворюється на поверхні 2 у подібний тонкий розріджений шар. Після цього обидва шари спрямовуються назустріч один одному, перетинаються і перемішуються.

Перевагами даного змішувача є простота конструкції та висока продуктивність. Головним недоліком є відносно невисока однорідність готової суміші зумовлена, по-перше фактично однократністю процесу змішування, а по-друге досить інтенсивною сегрегацією суміші при русі по похилим поверхням. Перша причина може бути частково усунена застосуванням додаткових похилих поверхонь 5, 6 (або більше), які служать для подальшого переміщення суміші та додаткового її перемішування під час руху та зсипання (рис. 1б).

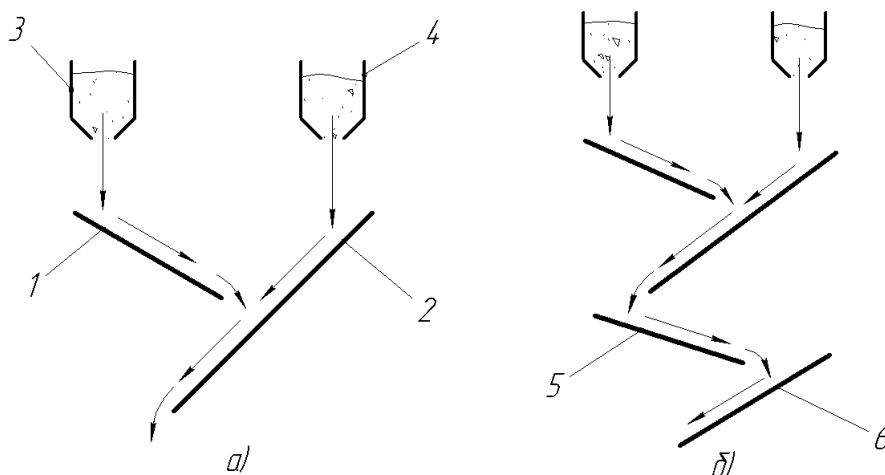


Рис. 1. Змішувач пересипного типу

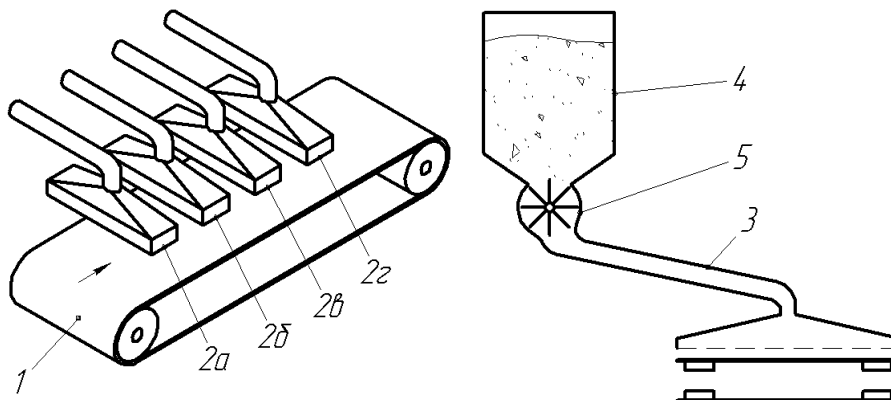


Рис.2. Пристрій для змішування

Пристрій наведений на рис. 2 призначений для неперервного змішування порошкових та гранульованих матеріалів без додаткового впливу. Змішувач складається з декількох дозуючих пристроїв 2а-2г, розташованих послідовно над стрічкою транспортера 1. Дозуючі пристрої складаються з направляючої труби 3, зважуючого пристрою 5, зберігаючої ємності 4. При роботі, компоненти псевдозріджуються потоком повітря 6 і дозуються зважуючим пристроєм 5 через направляючу трубу 3 на стрічку транспортера у вигляді тонких шарів. Так як дозуючі пристрої розташовані послідовно вздовж конвеєра 1, то тонкі шари компонентів вкладаються один на одній. Кінцеве змішування відбувається під час зсипання суміші з стрічки транспортера у приймальний бункер [5].

Основною перевагою даного змішувача є низька інтенсивність впливу робочих органів на суміш, що призводить до малого стирання та нагрівання часток, що інколи є дуже суттєвим показником, особливо при роботі із матеріалами з низькою температурою плавлення. Але, нажаль, ця перевага зумовлює і основний недолік даного пристрою: недостатню однорідність готової суміші, тому що шари компонентів лише вкладаються один на одній без суттєвого взаємного проникнення. Іншим недоліком є низька здатність згладжувати похибки дозування. Причиною цього є однаковість швидкостей руху усіх елементарних об'ємів суміші.

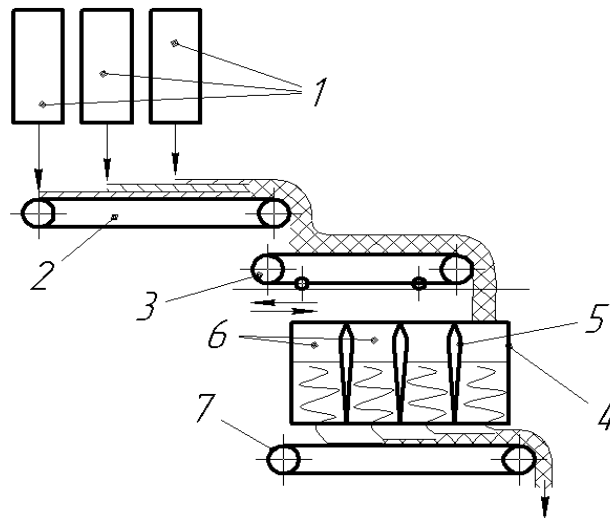


Рис.3. Пристрій для змішування кормів

Вплив вказаних вище недоліків значно зменшений у конструкції запропонованій Доценко С.М. [6]. Компоненти одночасно подаються живильником 1 (рис. 3) на відводчий транспортер 2 і далі подаються на розподільчий транспортер 3, який знаходиться у зворотно-поступальному русі вздовж

накопичувальної ємності 4. Транспортер 3 послідовно заповнює ячейки 6, що утворені перегородками 5. В цей час приймальний транспортер 7 не працює. Після того, як всі ячейки заповнюються сумішшю вмикається транспортер 7. При цьому потоки суміші, що виходять з ячеек та мають відхилення складу по власній висоті, потрапляючи у зазор між ємністю 4 та транспортером 7, багатократно об'єднуються та змішуються.

У даному пристрої значно покращена згладжувальна здатність, одночасно із збереженням низької інтенсивності впливу робочих органів на суміш. Проте ці поліпшення значно ускладнили конструкцію.

Серед гравітаційних змішувачів також відомий пристрій [7], який складається (рис. 4) із: бункерів 1, оснащених вібраторами 3, розподілюючих пристроїв 2, що виконані у вигляді пакету похилих пластин, та ємності для готової суміші 4. Дозування компонентів виконується регулюванням величини вихідного отвору бункерів. Змішувач працює наступним чином: компоненти завантажуються в бункери 1, і потім одночасно дозуються на розподілюючі пристрої 2. Рухаючись по пластинам пристроїв 2, матеріали прискорюються і утворюють ряд веєрів, які потім пересікаються у просторі, перемішуються і накопичуються у ємності 4. Вібратори 3 призначені для запобігання склепоутворенню.

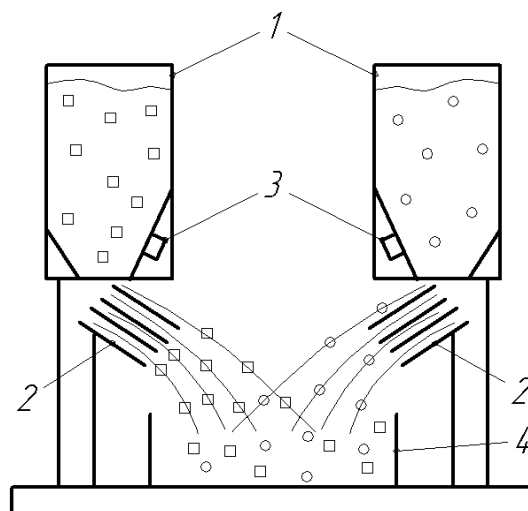


Рис.4. Гравітаційний змішувач

Згідно авторів даного змішувача, конструкція розподілюючих пристроїв забезпечує створення шарів компонентів із майже постійною щільністю у поперечній площині, на відміну від змішувача

пересипного типу [4] (рис. 1), що забезпечує більшу однорідність готової суміші.

В промисловості також використовуються змішувачі бункерного типу [1], конструкція яких (рис. 5) нагадує комплект бункерів 2 встановлених один над одним в єдиному корпусі 1. Компоненти суміші одночасно дозуються у верхній бункер. Після того, як висота матеріалів у бункері досягне деякого рівня відкривається вихідний отвір 3 і суміш починає вивантажуватись у наступний бункер, де описаний процес повторюється. Швидкості завантаження і розвантаження бункерів обираються таким чином щоб всередині бункерів завжди знаходилась деяка кількість суміші. Безпосередньо змішування відбувається під час вивантаження матеріалів через вихідний отвір 3, за рахунок різної швидкості руху шарів суміші безпосередньо над вихідним отвором та біля стінок бункерів (більш детально принцип такого змішування описаний в [1, с. 140 – 158]). За рахунок цього ж явища відбувається згладжування похибок дозування.

Головним недоліком даного змішувача є низька однорідність готової суміші.

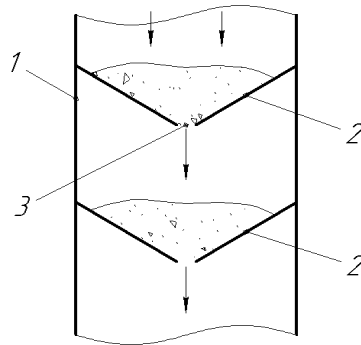


Рис.5. Бункерний змішувач

Гравітаційний ударно-розпилюючий змішувач за конструкцією дуже схожий на пристрій бункерного типу. Головною відмінністю його є наявність розпилюючих наконечників 6 (рис. 6), що встановлені безпосередньо під вихідним отвором кожного із бункерів 4. Струя вільно падаючого матеріалу зустрічає на своєму шляху наконечник 6. При ударі об нього суміш розпилюється і утворює «факел» із часток, які потім осідають у наступний бункер 4. Змішування компонентів відбувається як під час їх руху по бункерам, так і у «факелах». Застосування ударних насадок покращило умови змішування і дозволило отримувати суміші кращої якості [1].

У більшості конструкцій гравітаційних змішувачів найкраще змішуються лише матеріали із доброю сипучістю. Цей недолік усунений у вібро-гравітаційному змішувачі [1]. Даний змішувач (рис. 7) складається з дозатора 1.

Нижче розташовані декілька секцій, в кожній із яких встановлені декілька ударно-розпилювальних наконечників 2, що встановлені на різній висоті, та днище 3 із отворами 4. На відміну від ударно-розпилюючого змішувача, у кожній секції даної конструкції утворюється декілька «факелів». Компоненти змішуються при накладанні «факелів» один на одний, та частково при русі по днищу. Для збільшення рухомості сипучого матеріалу корпус змішувача вібрується за допомогою вібратора 5.

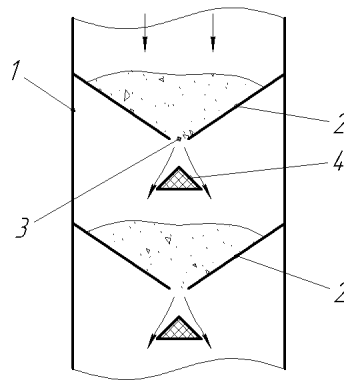


Рис.6. Гравітаційний ударно-розпилюючий змішувач

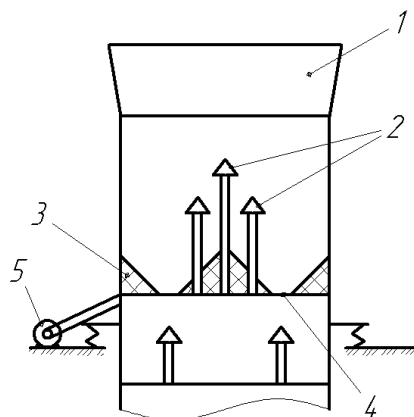


Рис.7. Вібро-гравітаційний змішувач

Даний змішувач вирізняється підвищеною однорідністю готової суміші, проте застосування вібраційного впливу дещо ускладнили конструкцію та збільшили енергоємність процесу. Для змішування гранульованих матеріалів із мінімальною інтенсивністю впливу на компоненти також призначений пристрій описаний в [8]. Даний

карусельний змішувач складається з (рис. 8) кількох вертикально вирівняних рівнів 1, 2, 3, 4 змішуючих ячеек 5. Днище кожної з ячеек має можливість відкривання-закривання. Кожний рівень ячеек має можливість кутового зміщення відносно сусідніх рівнів.

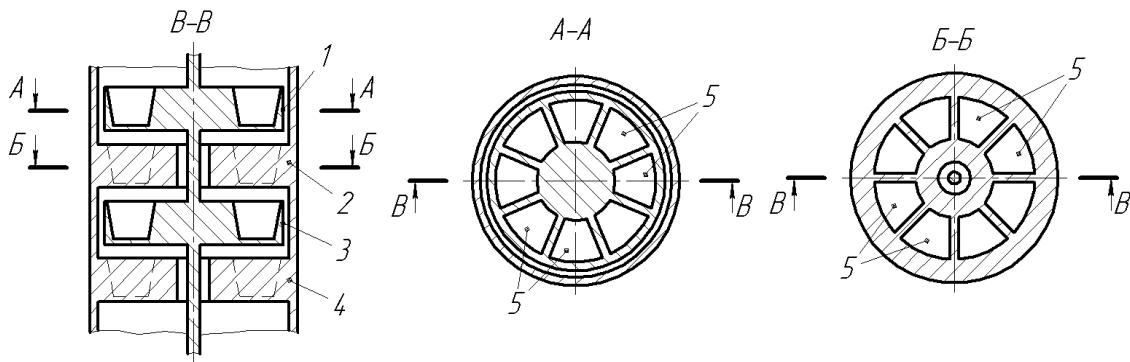


Рис. 8. Карусельний змішувач

Змішувач працює наступним чином: кожний з компонентів поміщається у одну чи декілька ячеек першого рівня, так щоб співвідношення між усім матеріалом у першому рівні відповідало б рецептурі готової суміші. Потім перший рівень вирівнюється відносно наступного та матеріал із частини ячеек вивантажується у наступний рівень, так щоб матеріал з кожної ячейки, що вивантажується, розподілився б на декілька ячеек наступного рівня. Після цього верхній рівень повертається відносно нижнього і розвантажується решта ячеек, аналогічно попереднім. Далі процес повторюється подібним чином на послідуєчих рівнях. В результаті чого кожна з ячеек останнього рівня буде заповнена сумішшю із заданим складом.

Серед переваг даного пристрою можна відмітити низьку сегрегацію суміші під час змішування, а також низьке нагрівання та травмування матеріалу через низьку інтенсивність впливу робочих органів на суміш. Недоліками цього змішувача є напівнеперервний режим роботи, низька здатність згладжувати неточності дозування та низьку однорідність готової суміші у межах однієї ячейки.

**Висновки.** Як видно з проведеного вище аналізу у більшості конструкцій змішування виконується шляхом суміщення тонких шарів матеріалів. Проте у багатьох пристроях не гарантується повнота взаємного проникнення тонких шарів, через що компоненти можуть лише «намащуватись» один на одний без суттєвого змішування. На нашу думку ефективність взаємного проникнення тонких шарів у значній мірі залежить від кута перетину матеріалів, товщини шарів та швидкості їх руху, що також підтверджується теоретичними та експериментальними дослідженнями [9].



Крім того, в деяких конструкціях ([7], рис. 4; [5], рис. 2) використовується фактично «однократне» змішування, що, на нашу думку, не дозволяє отримати максимальну ефективність змішування. Згідно експериментальних [1] та теоретичних [9] даних ефективність змішування підвищується зі збільшенням кількості перетинів траєкторій та зустрічних рухів компонентів.

У зв'язку із наведеними вище аргументами, для підвищення ефективності роботи, конструкція змішувача повинна забезпечити:

- створення тонких розріджених шарів матеріалів;
- спрямування їх назустріч один одному під великим кутом перетину;
- високу температуру гранулярного середовища, що створить сприятливі умови для найбільш повного взаємного проникнення;
- велику кількість перетинів траєкторій руху компонентів, оптимальну для досягнення необхідної якості готової суміші.

#### Література

1. *Макаров, Ю. И.* Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю. И. Макаров – Москва: Машиностроение, 1973. – 216 с.
2. *Аблогін А.М.* Аналіз конструкцій змішувачів для сипучих матеріалів та їх вдосконалення / А.М. Аблогін, О.В. Гвоздев // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих учених «Перспективна техніка і технології – 2009». – Миколаїв: МДАУ, 2009. – С. 62 - 66.
3. *Корчагіна А.В.* Розробка енергозберігаючої технології та конструкції змішувача для приготування комбікормів / А.В. Корчагіна // Матеріали V-го міжнародного форуму молодіжи «Молодежь и сельскохозяйственная техника в XXI веке». – Харьков: ХНТУСХ, 2009. – С. 66.
4. Пат. WO 98/34721, IPC<sup>6</sup> B01F 5/24, 3/18. Method and apparatus for mixing granular or powdered materials / *Davies, Clive Eric.* - №PCT/NZ98/00014; 09.02.98; 13.08.98.
5. Пат. JP 59136125, IPC<sup>7</sup> B01F5/24. Continuous mixing method of granular body by dropwise layering system / *Fukuya, Hiroyuki.* – №JP1983000012042; 27/01/1983; 04.08.1984.
6. А.с. 1033092 СССР, МПК<sup>5</sup> А01К 5/00. Способ смешивания кормов и устройство для его осуществления / *С.М. Доценко.* - №1565436; 07.07.88; 23.05.90.

7. *Шубин И.Н.* Повышение эффективности процесса смешивания сыпучих материалов / И.Н. Шубин, М.М. Свиридов – Тамбов: Труды ТДАТУ, 2004, с. 14.
8. Пат. WO 01/07153 A1, IPC<sup>7</sup> B01F 5/24. Carousel Mixer / *Freakley, Philip Kenneth; Clarke, Jan.* - № PCT/GB00/02882; 26.07.2000; 01.02.2001.
9. *Долгунин, В.Н.* Быстрые гравитационные течения зернистых материалов: техника измерения, закономерности, технологическое применение / В.Н. Долгунин, В.Я. Борщев – Москва: «Издательство Машиностроение-1», 2005. – 112 с.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ГРАВИТАЦИОННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

Гвоздев А. В., Аблогин А. М.,

***Аннотация*** – Смешивание комбикормов является очень важным процессом в современной промышленности, которая часто предопределяет качество продукта в целом. Однако, сегодня смесители не характеризуются низким энергопотреблением и высокой однородностью смеси. Это предопределяет необходимость снижения энергопотребления смешивания. В статье проанализированные существующие гравитационные смесители; определенные их преимущества и недостатки, и выдвинуты предложения относительно их усовершенствования.

## ANALYSIS OF GRAVITY MIXERS FOR COMPOUND FEED

O.Gvozdev, A. Ablogin,

### *Summary*

**Mixing of compound feed is a very important process in modern industry, which often predicts an overall product quality. However, today mixers are not characterized by low energy consumption and high homogeneity of mixture. These facts ground the necessity of energy cost reducing for mixing. Existing gravity mixers are analyzed; their advantages and disadvantages are considered. In terms of this knowledge, ideas for improving of mixers are presented.**

УДК 664.143.1

## ВИКОРИСТАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДИСТИЛЬОВАНОЇ ВОДИ

Чернишов С.О., к.т.н.,

Донецький інститут автомобільного транспорту,

Єрмоєнко Д.О., к.т.н.,

Лебедєв І.М., к.т.н.,

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені  
Михайла Туган-Барановського

Тел. (062) 304-50-46

**Анотація** – у роботі запропоновано нову компресійну технологію отримання дистильованої води, що дозволяє знизити витрати енергії до 20 разів, на основі цього запропоновано конструкцію електричного дистильатора з продуктивністю 25 л/год.

**Ключові слова** - енергозбереження, дистильована вода, дистиляція, компресійна технологія.

**Постановка проблеми.** Прогрес людства досяг такої точки, коли питання постачання прісною водою стає актуальним. У Донецькому регіоні розташовані Запорізька і Донецька області, що прилягають до Азовського моря. Усі ґрунтові води цих районів практично не придатні до вживання через високий солеміст і особливо високу твердість води. Для деяких харчових технологій, що особливо відносяться до вирощування біоактивних речовин, питна вода абсолютно не придатна. Для цих цілей користуються дистильатором, випареною і сконденсованою водою. Якщо розглянути процес дистиляції з погляду енергетики, можна виявити таку закономірність. Для кипіння води апарату необхідно підвести пару з температурою вище, ніж температура кипіння. Наприклад: якщо вода кипить при 100° С, то температура пари, що гріє, повинна бути порядку 115° С, що відповідає тиску 170 кПа. При цьому виходить вторинна пара з тиском 100 кПа і температурою 100° С. У класичній схемі ця пара направляється на конденсацію, де від неї відбирається теплова енергія рівна по величині підведеної.

Якщо вторинну пару не відводити на конденсацію, а направити її в компресор, що стисне її до тиску 170 кПа, що відповідає

параметрам первинної пари, яка надходить у дистильатор, то знов отримана первинна пара витрачається на випар води, а її конденсат використовується як дистилат, тобто необхідний кінцевий продукт. У місце підводу енергії, рівної енергії схованої теплоти паротворення, необхідно підвести тільки енергію, необхідну для стискання вторинної пари рівну  $i_{170}-i_{100}=2700-2650=25$  кДж/кг, що в 90 разів менше ніж при класичній схемі.

Метою даної статті є спроба створення нової компресійної технології – з компресійним способом підводу тепла, яка дозволить значно знизити витрати енергії.

**Аналіз останніх досліджень.** З цієї проблеми показав, що випарні апарати на підприємствах харчової промисловості й інших галузей виробництва застосовуються для підвищення концентрації вихідних продуктів, постачання різних технологічних процесів парою, дистильатором і для інших цілей. Випарні апарати з природною циркуляцією відносяться до найбільш ранніх конструкцій, що получили широке поширення на підприємствах харчової промисловості. Невід'ємною частиною конструкції таких апаратів є трубні ґрати, у яких закріплені кип'ятильні труби, що обігріваються парою. Усередині цих труб циркулює розчин, що випарюється. Для відокремлення крапель розчину від пари є сепаратор, що знаходиться у верхній частині апарата. Згущений розчин видаляє з апарата через штуцер, що знаходиться в центрі нижнього днища.

**Основна частина.** На основі зробленого критичного огляду існуючих електричних дистильаторів видно, що основним недоліком є велика витрата енергії на перетворення води в пару, і його зворотне перетворення в рідину – процес конденсації. Якщо проаналізувати, куди й у якій кількості витрачається енергія, то на підставі рівняння теплового балансу на 1кг води:

Нагрівання води від  $10^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$  вимагає кількість тепла:

$$q_H = M_{H_2O} \cdot C_{H_2O} (t_k - t_n) = 1 \cdot 4,187(100 - 10) = 377 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (1)$$

Випар при  $100^{\circ}\text{C}$ :

$$q_{uc} = M_{H_2O} \cdot r_{H_2O} = 1 \cdot 2258 = 2258 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (2)$$

Сумарна витрата на випар складе:

$$q_c = 377 + 2258 = 2635 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} = 0,732 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{кг}} \quad (3)$$

Для конденсації 1кг пари необхідно відвести теплової енергії  $q_k = 2258 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ . На переохолодження дистильату до  $70^{\circ}\text{C}$ :

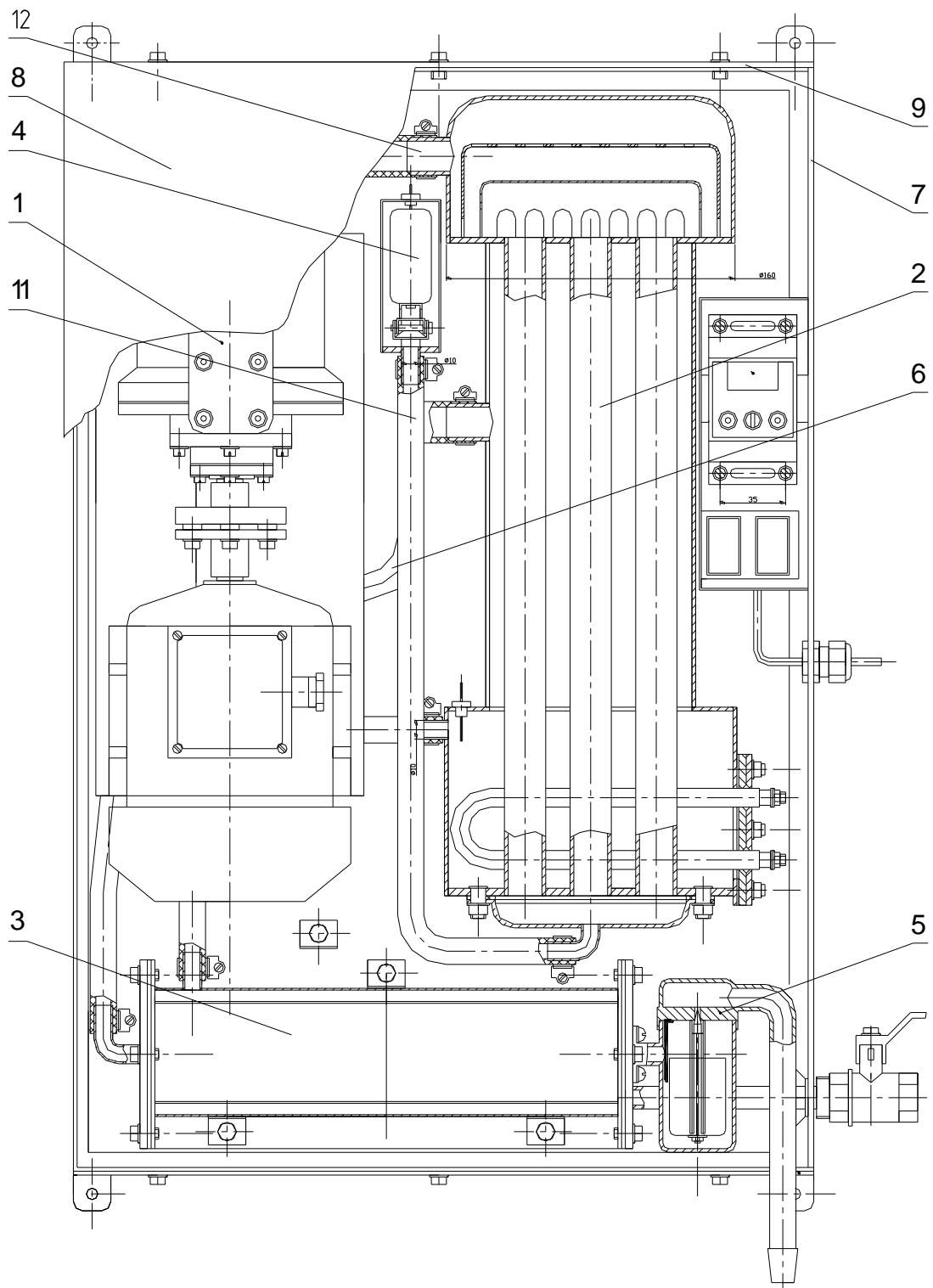


Рис. 1. Електричний дистилятор з використанням компресійної технології:

1 – бустер-компресор; 2 – корпус; 3 – теплообмінник; 4 – живник; 5 – конденсатовідвідник; 6 – блок керування; 7 – задня стінка; 8 – кожух; 9 – кришка верхня; 10 – кришка нижня; 11 – трубопровід, 12 – відсмокт.

$$q_{cx} = 1 \cdot 4,187(100 - 10) = 126 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (4)$$

Сумарна кількість тепла конденсації складе:

$$q_{\text{сум.ох}} = 2258 + 126 = 2384 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (5)$$

Так як для конденсації і переохолодження дистилатів, що використовуються в харчовій промисловості, є водопровідна вода із середньою температурою  $+10^\circ \text{C}$ , то для одержання 1кг дистилату буде потрібно витрата, яку можна визначити з рівняння теплового балансу:

$$q_{\text{сум}} = W \cdot C_{\text{H}_2\text{O}}(t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \quad (6)$$

Кінцеву температуру охолоджувальної води приймаємо на  $10^\circ \text{C}$  менше температури дистилату  $t_{\text{к}} = 70 - 10 = 60^\circ \text{C}$ , тоді витрата води на 1кг дистилату складе:

$$W = \frac{q_{\text{с.ох}}}{C_{\text{H}_2\text{O}}(t_{\text{к}} - t_{\text{н}})} = \frac{2384}{4,187(60 - 10)} = 11,4 \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (7)$$

З вищенаведеного видно, що на кожен кг дистилату потрібно 0,732 кВт·год електроенергії і 11,4 кг охолоджувальної води.

Тому що максимальним попитом користаються дистилатори продуктивністю 15 кг/год, то при експлуатації дистилатора такої продуктивності споживається енергії:

$$N = 0.732 \cdot 15 = 11 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (8)$$

А витрата охолоджувальної води складе:

$$W = 11,4 \cdot 15 = 171 \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (9)$$

Для рішення задачі зниження енерговитрат на дистилляцію і зменшення витрати охолоджувальної води пропонується використовувати другий і третій постулати енергозбереження:

- зниження енергії фазового переходу шляхом підвищення енергетичного рівня робочого тіла шляхом стискання його в компресорі;
- зниження енергії нагрівання шляхом регенерації тепла продукту і робочого тіла.

На рис. 1 показаний електричний дистилатор з використанням компресійної технології.

Готовим продуктом і робочим тілом є вода. При кипінні води виходить водяна пара з параметрами  $P_1 = 100 \text{ кПа}$ ,  $t_1 = 100^\circ \text{C}$ . Якщо цю пара зтиснути в компресорі до параметрів  $P_2 = 170 \text{ кПа}$ ,  $t_2 = 115^\circ \text{C}$ , то пару можна направити в кожухотрубний теплообмінник і використовувати для кипіння продукту. Для визначення основних розмірів і компоновання була визначена термопередаюча поверхня. Була встановлена випарна камера у виді вертикального кожухотрубного теплообмінника, всередині труб якого знаходиться кипляча вода, а ззовні – пара, що гріє. Пара з випарника надходить у парову камеру, з якої відсмоктується компресором, а стиснута пара подається в трубний простір, у якому конденсується і стікає через рекуператор і конденсатовідвідник у збірну ємність.

Рівень води підтримується поплавковою камерою і холодною водою, пройшовши через рекуператор, нагрівається до  $100^\circ \text{C}$  і надходить у випарну ємність. Для запуску дистиллятора в роботу передбачене стартовий пристрій, що складається з нагрівальних ТЕНів, розташованих на рівні 20 см нижче зливального отвору для конденсату. При включенні ТЕНів стартового пристрою конденсат закипає, заповнює міжтрубний простір і змушує кипіти воду, що знаходиться в трубах. Пара заповнює парову ємність, і датчик тиску включить компресор і відключить живлення ТЕНів стартового пристрою.

### **Висновки.**

1. На основі виконаного критичного огляду існуючих електричних дистилляторів доведена необхідність пошуку нових енергозберігаючих технологій одержання дистильованої води.

2. Запропоновано нову компресійну технологію одержання дистилляту – з компресійним способом підведення тепла, що дозволяє значно, до 20 разів, знизити витрати енергії.

3. Запропоновано нову конструкцію електричного дистиллятора продуктивністю 25 л/год, що працює за енергозберігаючою технологією.

4. Розроблено конструкцію оригінального стартового пристрою з потужністю електричних ТЕНів 3 кВт, що дозволяють виводити апарат на робочий режим за 15 с.

Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є виготовлення експериментального зразка та дослідження

експлуатаційних характеристик електричного дистилятора продуктивністю 25 л/год.

#### Література

1. Кук Г.А. Процессы и аппараты молочной промышленности / Г.А. Кук. – М.: Пищевая промышленность: 1973 г – 77 с.
2. Федоткин И.М. Оптимизация выпарного оборудования / И.М. Федоткин. – К.: Техника: 1985 г – 177 с.
3. Колосков С.П. Подготовка воды в пищевой промышленности / С.П. Колосков. – М.: Пищепромиздат, 1979 г – 430 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПРЕССИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ

Чернишов С.О., Еременко Д.О., Лебедев І.М.

**Аннотация** - в работе предложена новая компрессионная технология получения дистиллированной воды, которая разрешает снизить затраты энергии до 20 раз и основе этого предложена конструкция электрического дистилятора с производительностью 25 л/ч.

## UTILIZATION OF COMPRESSION TECHNOLOGY FOR RECEPTION OF THE DISTILLED WATER

S. Chernishov, D. Eremenko, I. Lebedev

#### *Summary*

**The new compression technology for reception of the distilled water which will allow to lower a power consumption to 20 times and on the basis of it the electric distillator design with productivity of 25 l/h is offered**



УДК 631.363.001.5

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДОЗАТОРА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ ІЗ ЦИЛІНДРИЧНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

Гвоздєв О.В., к.т.н.,

Барсуков С.С., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619) 42-13-06

**Анотація** – Робота присвячена теоретичному обґрунтуванню параметрів об’ємного дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом та виявлення суттєвих факторів, які впливають на його конструктивно – технологічні параметри.

**Ключові слова** – обґрунтування, параметр, дозатор безперервної дії із циліндричним робочим органом, продуктивність, фактор.

**Постановка проблеми.** Велику кількість конструкцій дозаторів у сільському господарстві та переробної промисловості обумовлено різноманітними вимогами, пропонованими до процесу дозування. Головна вимога до дозаторів це забезпечення подачі в суміш, установленого по рецепту або технології, кількості компонентів. Недотримання цієї вимоги може знизити якість технологічного процесу, живильну цілісність виробництва, привести до перевитрати дорогих компонентів, що дозуються [ 1, 2, 3].

Проблемою будь-якого з описаних вище виробництв є правильний вибір типу дозатора, який був би простий по конструкції, мав мінімальну енергоємність, а головне забезпечував би дозування компонентів суміші з заданим ступенем точності при різній продуктивності [ 1].

Таким чином, вчені вживають спроби вдосконалення технологічного процесу дозування сипучих компонентів у напрямку створення машин, що використовують нові принципи й фактори, які суттєво впливають на процес дозування. При цьому висока точність та якість дозування повинна супроводжуватися скороченням енерговитрат на процес.

**Аналіз останніх досліджень.** Збільшення масштабів виробництва визвало необхідність застосування безперервних способів виконання технологічних процесів і поставило нові вимоги до дозаторів [ 1, 4, 5, 6].

На сьогодні безперервне дозування набуло широкого застосування в хімічній промисловості, в чорній і кольоровій металургії, в цементному виробництві, в будівництві, в харчовій, переробній і комбікормовій промисловості та сільському господарстві.

При обробці сипучого матеріалу (дозування, змішування) широко використовуються безперервно - діючі машини, робочим органом у яких є обертовий барабан [7].

На підставі аналізу літературних даних, теоретичних і експериментальних досліджень ряду авторів нами у якості об'єкту подальшого дослідження обрано технологічний процес об'ємного дозування з розробкою дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом [6].

**Постановка задачі.** Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування основних параметрів об'ємного дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом та виявлення суттєвих факторів, які впливають на його конструктивно – технологічні параметри.

**Основна частина.** Виходячи з проведеного аналізу літературних і патентних джерел і результатів теоретичних досліджень був розроблений об'ємний дозатор безперервної дії із циліндричним робочим органом без внутрішніх пристроїв (рис.1), що відрізняється простотою конструктивного виконання й надійністю в роботі [6].

Робочим органом дозатора є сталевий обертовий циліндр (труба) 1, який встановлено на валу із приводом від мотор – редуктора 2. На входній ділянці вала усередині бункера - дозатора встановлено шнек для запобігання склепоутворення у бункері 3. Передня стінка 4 бункера - дозатора виконана гнучкою для забезпечення зміни кута нахилу циліндра 1. Зміна кута нахилу циліндра здійснюють поворотом кронштейна 5.

Процесу дозування найбільш повно відповідає випадок, коли в поперечному перерізі робочого органа підтримується режим перекату або початкова ділянка водоспадного режиму [8], а в поздовжньому - ділянки завантаження, транспортування й вивантаження. Відомо також, що формування поздовжнього перетину матеріалу в циліндрі

відбувається з вивантажувального кінця [8], що визначає продуктивність робочого органа.

Швидкість руху часток у шарі, що скачується, визначає осьову швидкість переміщення матеріалу в циліндрі, що обертається. Отримати чіткі аналітичні рівняння, що описують рух матеріалу в площині обертання циліндра, надзвичайно важко. Тому ми застосовуємо деякі допущення, що зберігають основний фізичний зміст завдання, але математичні операції значно спрощують.

Дослідження поставленого завдання базується на методи «грузлих плинів», у якому в першому наближенні рух матеріалу приймається як плин грузлий-пластичного середовища й використовується підхід до рішення гідродинамічного завдання з подібними граничними умовами. Вихідними рівняннями є: рівняння руху (рівноваги) і рівняння, що описує реологічні властивості сипучої маси.

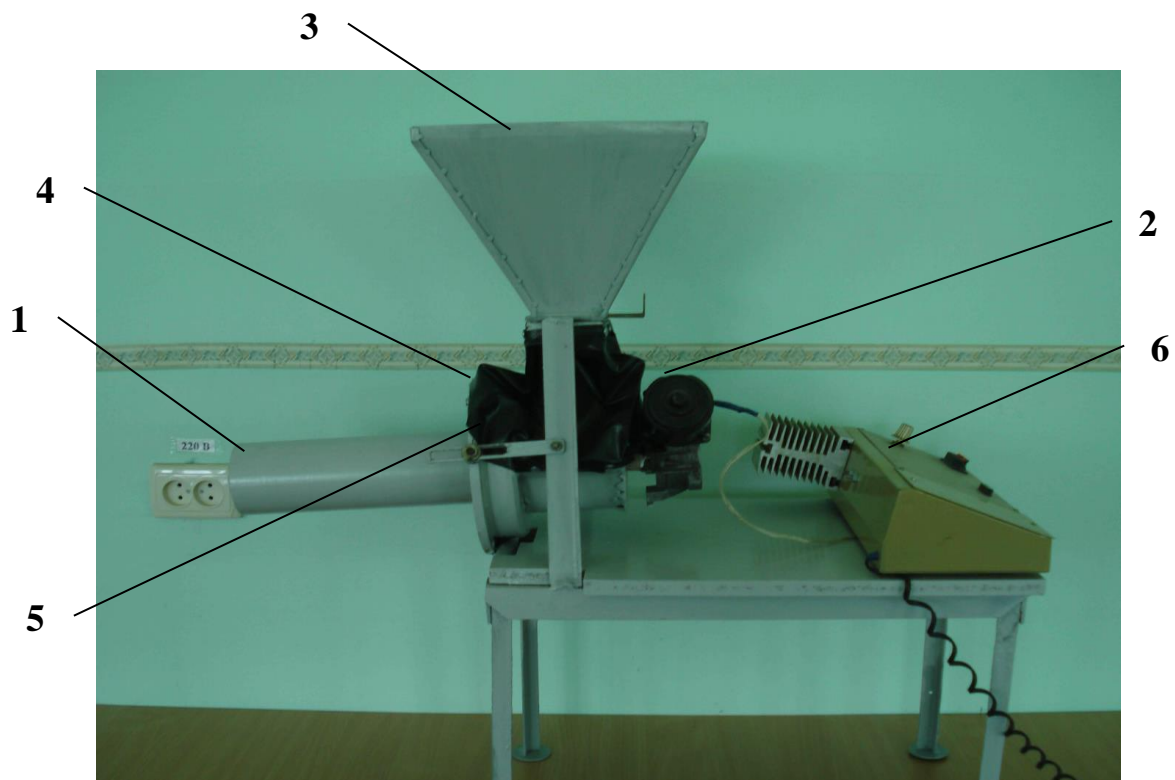


Рис. 1. Фото експериментальної установки дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом без внутрішніх пристроїв: 1 - обертаний циліндр; 2 - мотор – редуктор; 3 – бункер; 4 – гнучка передня стінка; 5 – кронштейн; 6 – пульт керування

При рішенні завдання приймається гіпотеза про сплошність середовища й робляться наступні допущення [7]:

1. інерційні сили часток, що рухаються, незначні через їхню

малу швидкість і не враховуються в порівнянні з масовими;

2. довжина шару, що скачується, по поверхні укусу велика в порівнянні з його товщиною, тому не враховуються кінцеві, ефекти в крайніх точках  $\delta = \delta_0$  і  $\delta = 0$ .

Зроблені допущення дозволяють скласти рівняння руху (рівноваги) шару, що скачується, у циліндричних координатах уздовж  $\delta$  осі (рис.2).

$$\frac{1}{r} \frac{d\sigma}{d\delta} + \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} (r^2 \tau) \pm \rho g = 0, \quad (1)$$

де  $r$  - поточне значення радіуса робочого циліндра  $R_u$ ;

$\sigma$  - нормальна напруга;

$\delta$  - кут обхвату сегмента сипучого матеріалу в циліндрі;

$\tau$  - дотичне напруження;

$\rho$  - насипна щільність матеріалу.

При  $\frac{d\sigma}{d\delta} = 0$ ,  $\frac{r}{h} \gg 1$  і якщо  $\tau$  є функція тільки  $\delta$ , те рівняння

(1) можна перетворити й записати у вигляді

$$\frac{d\tau}{dr} - \rho g \cdot \sin \beta = 0, \quad (2)$$

де  $\beta$  - динамічний кут природного укусу.

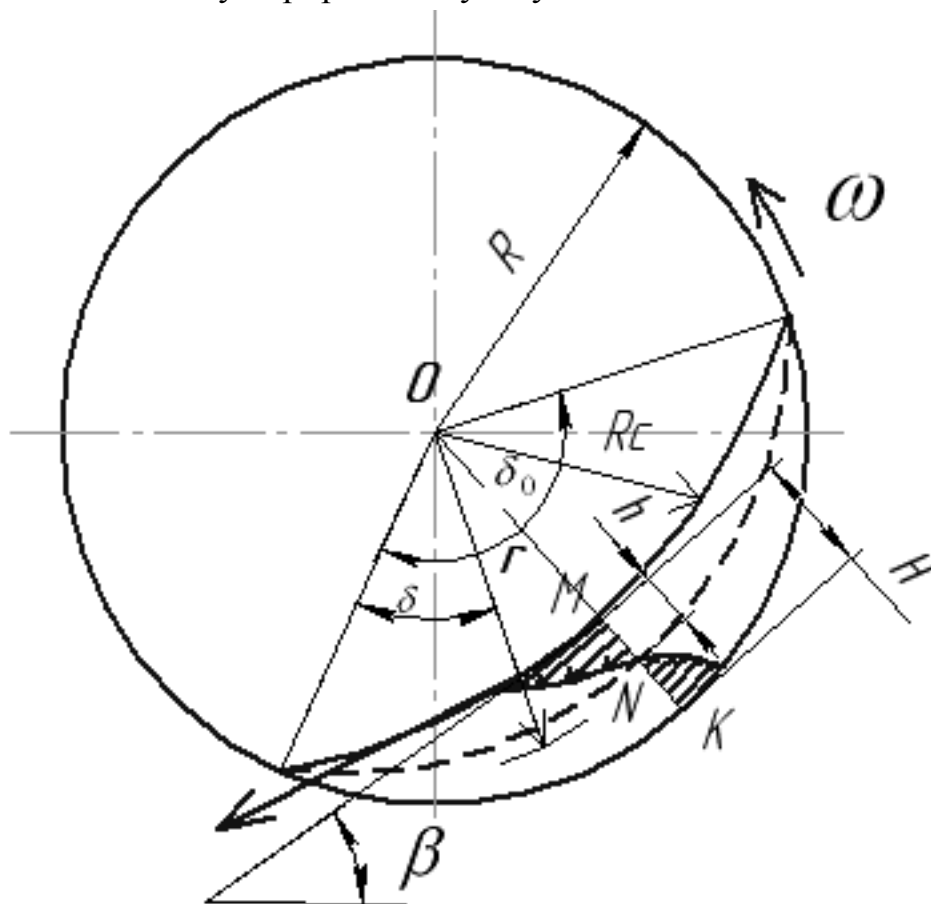


Рис. 2. Схема руху матеріалу в площині обертання циліндра

Реологічне рівняння, що зв'язує дотичне напруження зі швидкістю скоочування часток сипучого матеріалу по поверхні укусу має такий вигляд:

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{d\mathcal{G}_{\bar{n}\bar{e}}}{dr}. \quad (3)$$

Вирішуючи спільно рівняння (2) і (3), одержимо аналітичне вираження для визначення швидкості руху матеріалу по поверхні укусу.

$$\mathcal{G}_{\bar{n}\bar{e}} = \frac{\rho g}{\eta} \sin \beta \left[ \frac{(R_c - r)^2}{2} - R_n(R_c - r) \right] - \frac{\tau_0}{\eta} (R_c - r), \quad (4)$$

де  $\tau_0$  - гранична напруга зрушення;

$\eta$  - коефіцієнт «внутрішнього тертя» матеріалу;

$R_c$  - радіус шару скачування.

Кількість матеріалу в шарі, що  $Q_{ск}$  скачується, минаючого через перетин MN (рис.2) в одиницю часу, визначається з виразу [7,8]

$$Q_{\bar{n}\bar{e}} = L \int_{R_c}^{R_\delta} \mathcal{G}_{\bar{n}\bar{e}} \cdot dr, \quad (5)$$

де  $L$  - довжина циліндра.

Підставляючи  $\mathcal{G}_{ск}$  з (4) в (5) і інтегруючи в межах  $R_n$ -  $R_c$ , одержимо:

$$Q_{\bar{n}\bar{e}} = L \left[ \frac{\rho g}{\eta} \sin \beta \frac{(R_c - R_\delta)^3}{3} - \frac{\tau_0}{\eta} \frac{(R_c - R_\delta)^2}{2} \right]. \quad (6)$$

Тому що  $R_c - R_\delta = h$  то

$$Q_{\bar{n}\bar{e}} = L \left[ \frac{\rho g}{3\eta} h^3 \sin \beta - \frac{\tau_0}{2\eta} h^2 \right]. \quad (7)$$

Товщина шару, що скачується, " $h$ " перебуває з умови нерозривності потоку, тобто кількість матеріалу, що скачується, по поверхні укусу дорівнює кількості матеріалу, що піднімається разом з поверхнею циліндра

$$Q_{\bar{n}\bar{e}} = Q_i. \quad (8)$$

Кількість матеріалу, що піднімається, перебуває з вираження:

$$Q_i = \frac{\omega R}{r} (H - h)L. \quad (9)$$

Дорівнюючи рівняння (7) і (9) і вводячи позначення  $\frac{\rho g}{3\eta} = \dot{I}$ ,

$\frac{\tau_0}{2\eta} = N$  і  $\frac{\omega R}{2} = C$  одержимо вираження для товщини шару, що скачується

$$Mh^3 - Nh^3 = C(H - h). \quad (10)$$

Товщину шару, що скачується, можна визначити графічним методом. Для цього будується графік залежностей (рис.3)

$$Mh^3 - Nh^3 = f_1(h) \text{ і } C(H - h) = f_2(h)$$

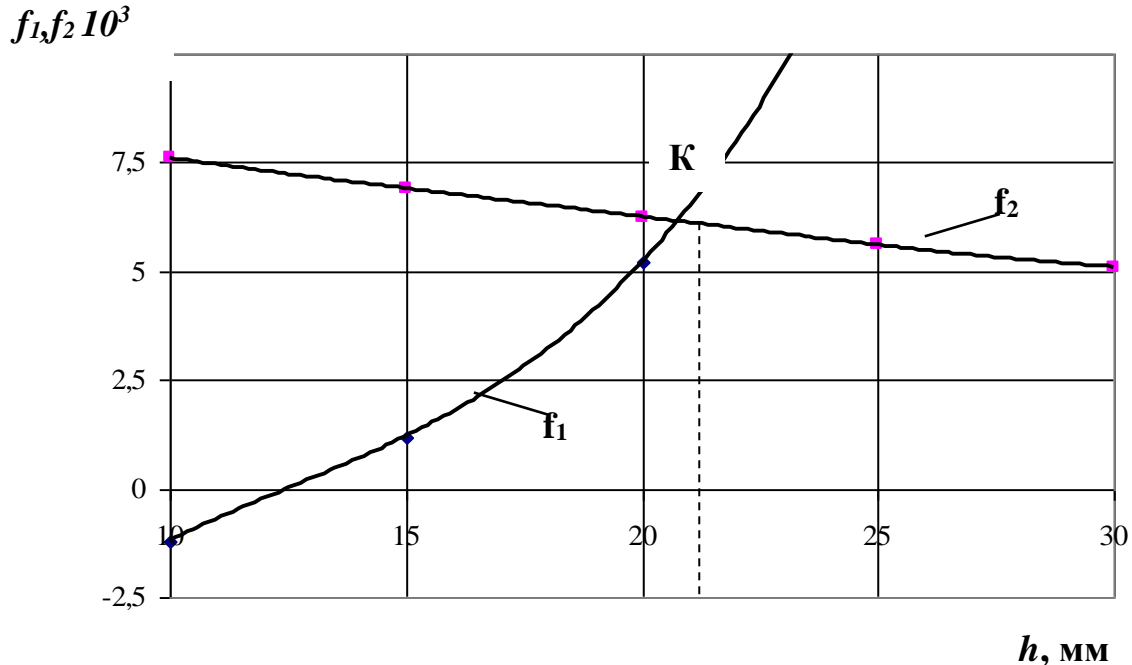


Рис.3. Графічний спосіб визначення товщини шару, що скачується

Місце перетинання кривих буде характеризувати значення товщини шару сипучого матеріалу, що скачується в обертовому циліндрі. Так при діаметрі робочого циліндру  $D = 0,08$  м, частоті його обертання  $n = 70$  об/хв. і куту нахилу  $\alpha = 20^\circ$ , товщина шару, що скачується для сипучого матеріалу, наприклад, цукру піску при  $K = 0,2$  буде дорівнювати  $0,021..0,022$  м.

При русі сипучої маси в робочому органі поперечний її перетин має складний вигляд [8,9], математично описати який важко. Крім того, вид граничної лінії залежить від коефіцієнта кінематичного режиму циліндра (відношення відцентрової сили до ваги часток), кута нахилу й фрикційних властивостей матеріалу.

На вихідній ділянці внаслідок кінцевого ефекту [8,9] матеріал розташовується під динамічним кутом природного укусу до обрїю, створює поверхню опадання (осип) (рис. 2). У загальному випадку ця поверхня має складний вигляд, що залежить від кінематичних і геометричних параметрів апарата й фрикційних властивостей матеріалу. При прийнятих допущеннях скривленням осипу можна зневажити й апроксимувати її площиною, що проходить під кутом динамічного укусу  $\varphi$  до обрїю

Час циклу для крапок, що проходять найбільший шлях,

$$t_{\delta}^{\max} = t_{\dot{\gamma}}^{\max} + t_{oc}^{\max}. \quad (11)$$

Тут  $t_{\dot{\gamma}}^{\max}, t_{oc}^{\max}$  - час відповідно підйому й опадання матеріалу.

$$\text{-Очевидно, } t_{\dot{\gamma}}^{\max} = \frac{\delta}{\omega}.$$

Час, опадання при рівноприскореному русі матеріалу по осипі

$$t_{oc}^{\max} = \sqrt{\frac{2l}{g_c}},$$

де  $l$  - максимальний шлях скочування;

$g_c$  - прискорення скочування,

Шлях скочування (рис. 2)

$$l = \frac{r[1 - \sin(\delta_1 + \delta_2)]}{\sin \gamma}. \quad (12)$$

На частку, що рухається по поверхні осипу, діють сили ваги частки й тертя об поверхню. Проектуючи їх на напрямок руху частки, одержуємо:

$$mg_c = F_c - F_{\delta};$$

$$mg_c = mg \sin \varphi - mg \cos \varphi \cdot f_{\delta};$$

$$g_c = g \cos \varphi (tg \varphi - f_{\delta}),$$

де  $f_{\delta}$  - коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу;

$F_c, F_m$  - сили відповідно скочування й тертя.

У цьому випадку

$$t_{oc}^{\max} = \sqrt{\frac{2r[1 - \sin(\delta_1 + \delta_2)]}{g \sin \gamma \cdot \cos \varphi (tg \varphi - f_m)}}. \quad (13)$$

Максимальний час

$$t_{\delta}^{\max} = \frac{\delta_1}{\omega} + \sqrt{\frac{2r[1 - \sin(\delta_1 + \delta_2)]}{g \sin \gamma \cdot \cos \varphi (tg \varphi - f_m)}}. \quad (14)$$

Тому що час циклу визначений для частки, що проходить найбільший шлях, то, мабуть, у формулу продуктивності необхідно ввести середній час циклу, який дорівнює приблизно половині максимального. Тому, маємо

$$Q = \frac{2r^3 \omega}{tg(\varphi - \alpha) (\hat{A} + \hat{A} \sqrt{\hat{E}})}. \quad (15)$$

Тут  $K = \frac{\pi^2 n^2 D}{1800g}$  - коефіцієнт кінематичного режиму;

$$A = \frac{\delta_1}{\hat{O}};$$

$$\hat{A} = \frac{1}{\hat{O}} \sqrt{\frac{1 - \sin(\delta_1 + \delta_2)}{\sin(\varphi - \alpha) \cos \varphi (tg \varphi - f_m)}}.$$

Масова продуктивність

$$Q_m = \frac{2r^3 \omega \rho}{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha)(A + B\sqrt{K})}, \quad (16)$$

де  $\rho$  - насипна щільність матеріалу.

Після перетворень маємо

$$Q = \frac{30\pi D^3 n \rho}{\operatorname{tg}(\beta - \alpha)(A + B\sqrt{K})}, \quad (17)$$

де  $D$  – діаметр циліндра;

$n$  – частота обертання циліндра.

На рис. 4 показана залежність годинної продуктивності  $Q$  від коефіцієнта кінематичного режиму  $K$  ( $D=0,08$  мм) при  $\alpha$ : 1 - 20°; 2 - 15°; 3 - 10°, обчислена по формулі 17.

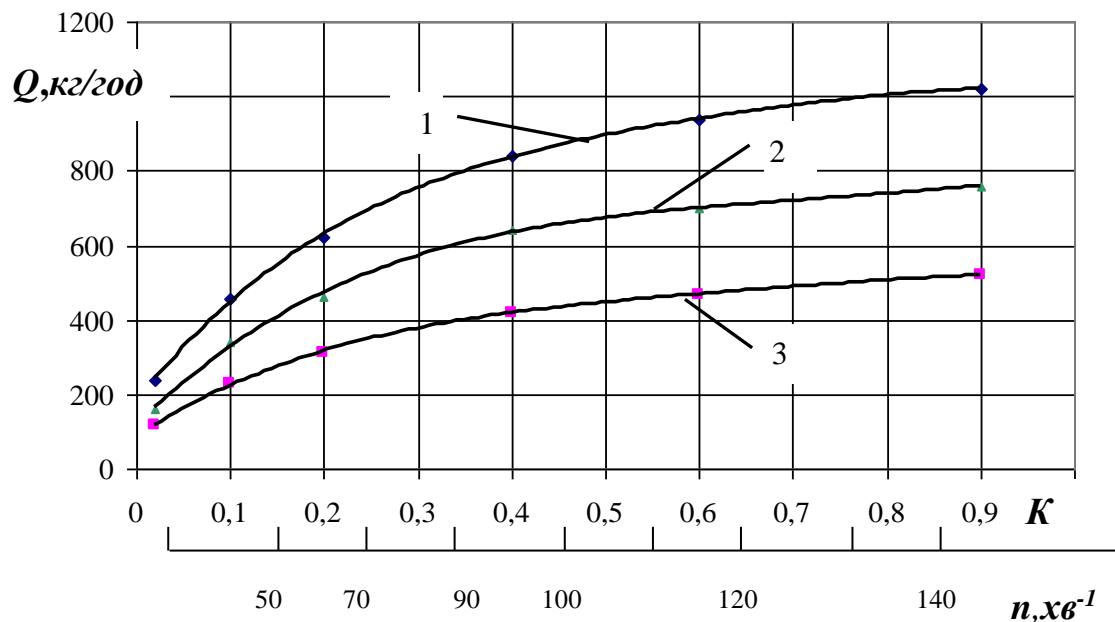


Рис. 4. Залежність годинної продуктивності  $Q$  від коефіцієнта кінематичного режиму  $K$  ( $D=0,08$  мм) та частоти обертання робочого циліндра  $n$  при  $\alpha$ : 1 - 20°; 2 - 15°; 3 - 10°

Аналіз рис.4 показує, з ростом коефіцієнта кінематичного режиму більше 0,5 продуктивність дозатора зростає повільно, тому обираємо наступний режим роботи дозатора (особливо для мікродозування при продуктивності до 400 кг/год): коефіцієнт кінематичного режиму  $0 < K < 0,4$ ; частота обертання робочого циліндра до 100 об/хв.; діаметр циліндра до 0,08 м.

**Висновки.** Проведені теоретичні дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Швидкість руху часток у шарі, що скачується, визначає осьову швидкість переміщення матеріалу в циліндрі, що обертається. Одержано аналітичні рівняння, що описують рух матеріалу в площині



обертання циліндра: це швидкість руху часток у шарі, що скачується (формула 4) та товщини шару, що скачується (формула 10).

2. Основними факторами, що впливають на продуктивність дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом, є фізико-механічні властивості матеріалу, що дозується, в першу чергу насипна щільність матеріалу  $\rho$ , коефіцієнт тертя  $f$ , а також конструктивні параметри (довжина циліндру  $L$ , його діаметр  $D$  та кут нахилу  $\alpha$ ) і режими роботи (частота обертання циліндру  $n$  та коефіцієнт кінематичного режиму  $K$ ).

3. Теоретично обґрунтовано режим роботи дозатора (особливо для мікродозування при продуктивності до 400 кг/год):

- коефіцієнт кінематичного режиму  $0 < K < 0,4$ ;
- частота обертання робочого циліндру до 100 об/хв.;
- діаметр циліндру до 0,08 м;
- кут нахилу робочого циліндру  $\alpha = 10 \dots 20^\circ$ ;
- товщина шару, що скачується при  $K = 0,2$  дорівнює  $h = 0,021 \dots 0,022$  м.

#### Література

1. Семенов В.И. Сокращение энергозатрат при приготовлении комбикормов для птицы с прогнозируемой точностью дозирования компонентов. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. / Семенов В.И. - Оренбург, 1998 – 20с.
2. Соколов А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна./ Соколов А.Я - М.: Колос, 1975. – 496с.
3. Сыроватка В.И. Научно-технические основы и методы технологического расчета производственных линий приготовления комбикормов в колхозах и совхозах. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук./ Сыроватка В.И. - М.: 1976. – 40с.
4. Бутковский В.А. Технология зерноперерабатывающих производств / Бутковский В.А., Мерко А.И., Мельников Е.М. – М.: Интерграф. сервис, – 1999 – 472с.
5. Гвоздєв О.В. Теоретичне обґрунтування параметрів швидкохідних гвинтових дозаторів сипучих матеріалів. / Гвоздєв О.В., Мамонов Д.О., Гвоздєва Т.О. -Праці ТДАТА. Вип. 25. Мелітополь: 2005. С. 87 – 91.
6. Гвоздєв О.В. Проектування об'ємного дозатора безперервної дії із циліндричним робочим органом./ Гвоздєв О.В., Ялпачик

Е.В., Барсуков С.С. - Праці ТДАТУ. Вип. 8., том. 7. Мелітополь: 2008. С. 33 – 39.

7. Трофимов А.В. Исследование движения сыпучих материалов в машинах барабанного типа без внутренних устройств. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. / А.В. Трофимов - Москва, 1973 – 16с.

8.Коротич В.И. Теоретические основы окомкования железорудных материалов./ Коротич В.И. – М.: Металлургия, 1966. – 216 с.

9. Гусев Ю.И. Движение материала в грануляторах барабанного типа. Химическое и нефтяное машиностроение, 1966, №11. С. 32 – 34.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДОЗАТОРА БЕСПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

Гвоздев О.В., Барсуков С.С.

**Аннотация** - Работа посвящена теоретическому обоснованию параметров объемного дозатора непрерывного действия с цилиндрическим рабочим органом и выявления существенных факторов, которые влияют на него конструктивно - технологические параметры

## **THEORETICAL MOTIVATION OF PARAMETERS OF CONTINUOUS ACTION DOZING UNIT WITH CYLINDRICAL DRIVEN ELEMENT**

O. Gvozdev, S. Barsukov

### **Summary**

**The work deals with the motivation of parameters of continuous action dozing unit with cylindrical driven element and revealing the factors that influence upon its design and process-dependent parameters.**

УДК 631.361.43: 664.788

## **ПЕРСПЕКТИВНІ КОНЦЕПЦІЇ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ АПК**

Шпиганович Т.О., інженер,  
Ялпачик О.В., інженер  
*Таврійський державний агротехнологічний університет*  
Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** - Робота присвячена аналізу стану та визначенню перспективних концепцій розробки технологічного обладнання зернопереробних виробництв АПК.

**Ключові слова** – агропромисловий комплекс, зернопереробні виробництва, аналіз стану, перспективні концепції, розробка, технологічне обладнання.

**Постановка проблеми.** Важливою умовою поліпшення забезпечення населення України продовольчими продуктами є розвиток технічної бази зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. У сфері переробної галузі агропромислового комплексу (АПК) формується до 70 % загального товарообігу країни. Переробній галузі АПК належить друге місце за обсягом валової продукції після машинобудування і третє — за кількістю робочих місць. Тільки за рахунок скорочення витрат і поглиблення переробки харчової сировини можна збільшити виробництво продуктів харчування на 25...30 % [1, 2].

Проте в галузі АПК та в інших галузях народного господарства країни виникають певні труднощі в розвитку переробної галузі, вдосконаленні технологій та обладнання, підвищенні якості продукції, що виробляється. Останніми роками населенню реалізовано менше ніж 40 % сільськогосподарської продукції в переробленому вигляді, тоді як у країнах Європи цей показник досягає 80 %. Дуже великою є частка ручної праці в переробній галузі країни (40...50 %). Низькими є також продуктивність і надійність технологічного обладнання [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень.** Як засвідчує практика розвинутих країн і вітчизняний досвід останнього десятиріччя, різке піднесення аграрного виробництва в часі повністю збігається з активізацією процесів наукового пошуку, технічного прогресу, оптимізацією ресурсного забезпечення виробництва, широким впровадженням переробних виробництв безпосередньо на місці виробництва сировини. Кращі досягнення в сільському господарстві

України були закономірним результатом розробки і наукового виробничого впровадження інтенсивних технологій, їх комплексного матеріально-технічного забезпечення. Доказом цього було прийняття у 1992 році Національної програми створення системи машин для сільського господарства, яка включає розробку машин для виробництва і переробки зернових, технічних культур, продукції тваринництва [2].

Відповідно до наукових концепцій розвитку кормовиробництва в Україні потужність підприємств комбікормової промисловості необхідно збільшити до 30 млн. т на рік, і це, на думку науковців, треба здійснити в основному за рахунок введення в експлуатацію сучасних малогабаритних комбікормових агрегатів безпосередньо в господарствах, особливо у віддалених від комбікормових заводів [3].

Виходячи з потреб України на сучасному етапі розвитку виробничих відносин, необхідності збереження енергоресурсів, поліпшення якості та розширення асортименту продовольчих товарів, рішення проблеми децентралізації переробки зерна в автономних умовах фермерських господарств та малих переробних підприємств можливе шляхом їх забезпечення технічними засобами конкретного технологічного призначення та завершеного технічного рішення у вигляді агрегатного обладнання [4].

Мабуть, такі установки повинні забезпечуватися різними добавками, однак інші їхні операції, наприклад, дозування, подрібнення, змішування й т.д., повинні здійснюватися на високому технічному рівні з повною механізацією.

Виготовлення установок із широким використанням принципів агрегаткування, комплектна поставка технологічного, транспортного й електротехнічного обладнання, а також необхідних несучих конструкцій, забезпечують одержання швидкого прибутку від виробництва якісної продукції з низькою собівартістю.

Вирішуючи ці завдання, машинобудівна промисловість повинна йти по шляху створення й організації серійного виробництва комплектних установок різного технологічного призначення з високим ступенем уніфікації, сучасним технологічним і транспортним обладнанням, що забезпечує компактність установок і високі техніко-економічні показники підприємств [5].

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є проведення аналізу останніх досягнень по створенню обладнання для переробки зерна та визначенню перспективних концепцій розробки технологічного обладнання зернопереробних виробництв АПК.

**Основна частина.** Значна увага переробній галузі АПК викликана тим, що щорічні темпи приросту продукції сільського господарства в Україні значно випереджають річні темпи експорту продукції переробної галузі, що ніяк не відповідає можливостям продуктивних сил суспільства. У наш час рівень експорту сільськогосподарської сировини України зростає і збільшується

імпорт продуктів харчування, що гальмує економічне зростання галузі сільськогосподарського виробництва та економіки країни в цілому.

Промисловістю України випускається значна кількість найменувань машин і технічних засобів для переробних підприємств рослинної і тваринної сировини, в тому числі найпоширеніших на селі виробництв, зокрема млинів, крупорушок, комбікормових агрегатів, комплектного обладнання для переробки олійних культур тощо, у зв'язку з цим збільшується доля продукції цих виробництв в загальній масі продукції, що виробляється підприємствами АПК в цілому.

Комплектне обладнання і технологічні лінії сільськогосподарського призначення складаються із невеликої кількості машин, мають просту будову, відносно дешеві і користуються попитом у сільськогосподарського споживача. Однак, вироблені продукти не завжди відповідають стандартам за показниками якості, їх виходи нижчі нормативних на 10...15 %, значна частина продовольчого зерна потрапляє у відходи, енергомісткість зернопродуктів значно завищена в порівнянні з продукцією промислових підприємств.

Тому в умовах ринкових відносин вкрай загостреної енергетичної кризи існує нагальна потреба у виконанні оцінки технічного рівня машин і реальних витрат на перероблення зерна та іншої сировини сільськогосподарськими підприємствами та визначення напрямку удосконалення обладнання. Розв'язування цієї задачі включає такі етапи: вибір чисельних та якісних характеристик (критеріїв) машин для порівняльного аналізу; вибір кращих вітчизняних та зарубіжних аналогів технологій і машин, що їх реалізують; власне, проведення порівняльного аналізу за технічними і економічними критеріями та вибір кращого варіанта з них.

Сьогодні в нашій країні і за кордоном практично відсутні алгоритми створення технічних рішень, необхідних для реалізації наступних поколінь машинних технологій. Одна з головних причин виникнення такого стану полягає в тому, що кожне новостворене технологічне рішення в більшості випадків базується на вже існуючих рішеннях. Тобто кількість створюваних технологічних рішень переходить до нескінченності. Якоюсь мірою ця нескінченність прогнозується за допомогою різноманітних моделей, ефективність яких, зазвичай, є недостатньою для проектувальників та виробників [6, 7].

З позиції системного аналізу процес переробки зерна, включаючи його сепарування та подрібнення, можна представити у вигляді моделі детермінованої системи з явно вираженою цільовою функцією, що дозволяє оптимізувати режими роботи обладнання. Мінливість властивостей сировини приводить до зміни зовнішніх впливів на робочі органи машин (зернові сепаратори, дробарки тощо). Воно проявляється в нерівномірному їхньому завантаженні, показниках якості й сумарних енергетичних витрат.

У зв'язку із цим для рішення розглянутого завдання необхідний системний підхід, при якому дослідження доцільно проводити по відповідних взаємозалежних підсистемах. Головне при цьому полягає в науковому їхньому обґрунтуванні відповідно до критеріїв оптимальності, які в комплексі забезпечують реалізацію принципів енергозбереження [8, 9].

Заходи щодо реалізації стратегії енергозбереження згруповані И.Ф. Бородіним у чотири головні напрямки [10]:

- організаційний (використання потенціалу рослин і тварин, оптимізація енергозбереження, нормування й облік енергоспоживання, раціональне технічне обслуговування);

- технологічний (модернізація технологій, перехід на енергозберігаючі технології, їхня інтенсифікація, використання біоенергії тварин і рослин);

- технічний (використання малоенергоємного обладнання, автоматизація технологічних процесів, збільшення надійності й термінів служби техніки);

- енергетичний (підвищення к.к.д. енергоспоживання, використання вторинної енергії, енергії місцевих енергоносіїв).

Одним зі шляхів рішення проблем, що зачіпає всі чотири напрямки, є розробка основ синтезу багатоопераційних агрегатів з метою максимально можливого скорочення витрат на допоміжні процеси [11].

У якості шляхів виходу із кризи також слід зазначити пошук альтернативних джерел енергії й підвищення к.к.д. використання енергії, створення високонадійного недорогого обладнання, побудованого на блочно-модульному принципі з поліпшеними показниками по питомій енерго- і матеріалоемності, як для малих фермерських господарств, так і для великих переробних підприємств, що є основою продовольчої бази країни [11,12,13,14].

Задовольнити високим сучасним вимогам і реалізувати відзначені перспективні напрямки вдосконалювання обладнання можуть лише нові типи машин, засновані на принципах дії, що якісно відрізняються від традиційних. Одними з перспективних і добре зарекомендованих на практиці підходів до розробки сучасного обладнання є методи системності [15] та ідеалізації [16].

В основі побудови технологічних ліній сучасних переробних і харчових підприємств лежать особливості ідеального технологічного потоку В.А. Панфілова [15]. Пошук сучасних конструктивних і технологічних рішень окремих видів обладнання повинен ґрунтуватися на спеціальних моделях. При розробці обладнання для класифікації й сепарації сипучих матеріалів можна використовувати модель ідеального сепаратора Н.Е. Авдєєва [16]. При вдосконалюванні конструкцій молоткових дробарок можна використовувати трьох елементну фізичну модель дробарки, запропоновану С.В. Мельниковим [17], або представити робочий

процес дробарки як марковський процес «розмноження й загибелі» по В.Р. Алешкину [18], або як модель пошарового дроблення, що розробив В.И. Сироватка [19].

Аналіз результатів останніх досліджень багатьох авторів, а також власні дослідження дозволили зробити висновок, що для подрібнення зерна ефективно використовувати прямий удар [20,21,22,23]. Так експериментально встановлено [24], що при прямому ударі зернівки об робочі органи на руйнування її витрачається менше енергії та підвищується якість готового продукту. Так при одноразовому луценні гречки та проса прямим ударом зниження енергоємності процесу становитиме 43...47% [24].

Нами розроблено спосіб та пристрій для подрібнення зерна прямим ударом робочим органом у вигляді металевих струн [21,22]. Така дробарка прямого удару з попередньою сепарацією зернового матеріалу досить компактна, не потребує використання потужного привідного обладнання й може ефективно використовуватися на малих тваринницьких фермах [20].

Аналіз наукових публікацій дозволив виявити наступні найбільш перспективні шляхи вдосконалення конструкцій дробарок прямого удару[23]:

- зниження питомої витрати енергії й питомої металоємності за рахунок застосування, як робочий орган у дробарці, надтонкого молотка у вигляді тонкого металевого стержня або металеві струни з високоміцного матеріалу;
- організації робочого процесу попереднього сепарування зерна за розміром;
- максимальне виділення подрібненого продукту заданої крупності за рахунок створення ефективних конструкцій сепараторів;
- зниження циркулюючого навантаження внаслідок прискореного відводу часток із камери подрібнення;
- збільшення інтенсивності сепарації решітної поверхні за рахунок застосування спеціальної форми поділяючої поверхні решета, наприклад, поверхні брахистохронної властивості;
- максимальне використання периферійної й торцевої поверхонь камери подрібнення;
- раціональна організація повітряного режиму дробарки.

Вдосконалення процесу подрібнення зерна можливо за рахунок організації робочого процесу попереднього сепарування у дробарках прямого удару в умовах гравітаційного поля з виконанням профілю поділяючої поверхні у формі кривої, що забезпечує максимально можливу швидкість продукту або, що теж саме, мінімальний час руху від початку до кінця робочого органа, що забезпечить зниження питомих витрат електроенергії, металомісткості та підвищить якість готового продукту [20].

Напрямок інтенсифікації процесу гравітаційного сепарування за допомогою клиноподібного отвору, що просіює, є виконання

розділяючої поверхні з поздовжнім перетином у формі кривої брахистохронної властивості.

Гравітаційний сепаратор сипучих матеріалів, використовуваний у дробарці прямого удару, в основу роботи якого закладений принцип ідеального сепаратора, дозволяє оперативно змінювати крупність готового продукту без зупинки технологічного процесу і руху оброблюваної суміші при переході її з кінця попередньої поверхні, що просіває, на початок наступної. Таке технічне рішення обумовлює компактність сепаратора та простоту конструктивного виконання [20].

Процес створення перспективних машинних технологій та технічних засобів автори статті [6] пропонують здійснювати в два етапи.

Перший етап - розробка нових способів здійснення машинних технологій. Він базується на основі загальних технологій, які включають декілька окремих процесів, у тому числі створення способів сепарування та подрібнення зерна для реалізації окремих технологічних процесів робочих органів, тобто тих, що входять до складу основної технології переробки зерна.

Другий етап - проектування та виробництво, тобто впровадження нових технологічних рішень у машинні лінії.

Обидва етапи є взаємопов'язаними між собою й визначають рівень машин та технологій, що розробляються.

**Висновки.** Аналіз наукових публікацій по створенню обладнання для переробки зерна на базі багатоопераційних агрегатів дозволив зробити висновок про необхідність проектування агрегату, що сполучав би в собі функції сепаратора й подрібнювача зерна [20]. Даний агрегат повинен відрізнятися низькою енергоємністю процесу переробки зерна, високою продуктивністю і якістю продукції. Цього можна досягти застосуванням гравітаційного способу сепарування зерна перед його подрібненням [21], застосуванням спеціальних поділяючих поверхонь, наприклад, брахистохронної властивості, створенням спрямованих потоків однорідних по розмірах зерен на подрібнення за допомогою таутохронних поверхонь, раціональної організації робочого процесу подрібнення, усунення багаторазового впливу робочих органів на продукт подрібнення та використання прямого удару [22,23].

#### Література

1. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв/[ Дацишин О.В., Ткачук А.І., Гвоздев О.В. та ін.]; за ред. О.В. Дацишина. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 488 с.
2. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: /[О.В. Гвоздев, Ф.Ю. Ялчак, Ю.П. Рогач, М.М. Сердюк]. – К.: Вища освіта. 2006. – 479 с.
3. Погорілий Л. Малогабаритні комбікормові агрегати за рубежем / Л. Погорілий, В Ясенецький.. Техніка АПК. 1997. №4.- С. 6-7.



4. *Богданов Є.В.* Обґрунтування технологічного процесу та розробка конструкції вібраційного дозатора мобільного комбікормо-приготувального агрегату. Автореф. дис. ...канд. техн. наук. / Є.В. Богданов. - Луганськ. – 2006. 20 с.
5. *Демский А.Б.* Комплектне зерноперерабатывающие установки малой мощности / А.Б. Демский. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 264с.
6. *Кошулько В.С.* Алгоритм пошуку технічних рішень процесів післязбиральної обробки зерна / В.С. Козулько, Ю.О. Чурсінов. Вісник Дніпропетровського ДАУ. 2008. №1. С. 35 – 38.
7. *Жук Д.К.* Построение современных систем автоматизированного проектирования / Д.К. Жук. – К.: Наукова думка, 1983. – 205 с.
8. *Ермичев В.А.* Энергосбережение в технологиях кормопроизводства / В.А. Ермичев, А.И. Купреенко // МЭСХ. 2005. №4. С. 11 – 13.
9. *Сергеев А.Л.* Концепции совершенствования системы механизации растениеводства / А.Л.Сергеев // МЭСХ. 1987. №9. С. 20 – 24.
10. *Бородин И.Ф.* Проблемы электроэнергетики// Энергосбережение в сельском хозяйстве/ И.Ф. Бородин // Тезисы докладов международной научно-технической конференции. Часть 1.-М.-ВИЭСХ, 1998.-С. 11-13.
11. *Липкович Э.И.* Элементно - агрегатная база: концепция и методические основы разработки / Э.И. Липкович // Вестник РАСХН. - 1996. - № 6. - С. 4-7.
12. *Жалнин Э.В.* Аксиоматизация как метод обобщения научных знаний / Э.В. Жаннин, О.Н. Котова //Вестник РАСХН. -1999. - № 3. - С. 11-14.
13. *Кормановский Л.П.* Энергосбережение - первостепенная задача в предстоящем столетии / Л.П. Кормановский // Техника в сельском хозяйстве. -1999. - № 3. - С. 6.
14. *Антипов С.Т.* Научно-технический потенциал агропромышленного производства / С.Т. Антипов // Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности: Сб. науч. тр./ Воронеж, гос. технол. акад. - Воронеж, 1995. - Вып. 5. - С. 4 - 8.
15. *Панфилов В.А.* Технологические линии пищевых производств (теория технологического потока). / В.А. Панфилов. - М.: Колос, 1993. - 288 с.
16. *Авдеев Н.Е.* Принципы построения модели идеального сепаратора / Н.Е. Авдеев // Докл. ВАСХНИЛ. - 1978. -№ Ц.-С. 38-40.
17. *Мельников С.В.* Моделирование рабочего процесса в молотковой кормодробилке / С.В. Мельник // Механизация сельскохозяйственного производства: Зап. Ленинградского СХИ. - Л., 1968.-т. 119.-Вып. 1.-С. 113-117.
18. *Алешкин В.Р.* Вероятностно - статистическое исследование рабочего процесса и факторов, влияющих на эффективность работы молотковых кормодробилок: Автореф. дис... канд. техн. наук. / В.Р. Алешкин - Ленинград - Пушкин, 1968.-25 с.

19. Сыроватка В.И. Исследования основных закономерностей процесса измельчения зерна в молотковой дробилке кормов: Автореф. дис... канд.техн. наук./ В.И. Сыроватка. - М., 1964. - 36 с.
20. Шпиганович Т.О. Дробарка прямого удара з попередньою сепарацією зернового матеріалу / Т.О. Шпиганович // Вісник Харківського Національного техн.. універс. с.-г. «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв». Вип. 74. Харків. 2008. С. 105 -111.
21. Пат. на винахід № 86897. Україна, А23N5/00/ Пристрій для лущення та подрібнення зерна./ Ялпачик Ф.Ю., Шпиганович Т.О., Гвоздев О. В. Опубл. 25.05.2009; Бюл.№10 – 4 с.
22. Пат. на винахід № 76556. Україна, А23N5/00/ Пристрій для лущення та подрібнення зерна./ Ялпачик Ф.Ю., Фучаджи Н.О., Гвоздева Т.О. Опубл. 15.08.2006; Бюл.№8 – 4 с.
23. Шпиганович Т.О. Шляхи підвищення ефективності подрібнення зерна / Т.О. Шпиганович // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Мелітополь: ТДАТА. Вип. 7, том 5. – 2007. С.41 – 48.
24. Фучаджи Н.О. Оптимізація технологічного процесу лущення власнокруп'яних культур. Автореф. дис. ...канд. техн. наук. / Н.О. Фучаджи. - Херсон – 2006. 20 с.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ АПК

Шпиганович Т.О., Ялпачик О.В.

**Аннотация** - Работа посвящена анализу состояния и определению перспективных концепций разработки технологического оснащения зерноперерабатывающих производств АПК.

## PERSPECTIVE CONCEPTIONS OF DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF GRAIN PROCESSING FACTORIES OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

T. Shpiganovich, O. Yalpachik

### *Summary*

The work deals with the analysis of state and determination of perspective conceptions of development of technological equipment of grain processing factories of agro-industrial complex.

УДК 637.134

## **ЗНИЖЕННЯ ПІНОУТВОРЕННЯ ПРИ ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМЕНЕВІЙ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА**

Самойчук К.О., к.т.н.

Таврійська державна агротехнічна університет

Тел.(06192) 42-13-06

**Анотація** – проаналізовані методи зниження піноутворення та міри боротьби з цим явищем при протитечійно-струменевої гомогенізації молока.

**Ключові слова** – гомогенізація, піноутворення, протитечійно-струменева гомогенізація, молоко.

**Постановка проблеми.** Для вирішення проблеми надмірних енерговитрат на гомогенізацію запропоновано використовувати протитечійно - струменеву обробку, що має в декілька разів знижені енерговитрати при якості обробки на рівні клапанних гомогенізаторів[1, 2]. Істотним недоліком струменевих гомогенізаторів є підвищене утворення піни під час обробки молока, що знижує якість оброблюваного продукту. Тому необхідно розробити засоби для зниження кількості піни при протитечійно-струменевої гомогенізації.

**Аналіз останніх досліджень.** Молоко здатне утворювати піну при транспортуванні, зберіганні і переробці. При цьому відбувається його змішування з повітрям, унаслідок чого виникає дисперсна система газ-рідина. Молоко здатне утворювати піну, що складається як з бульбашок кулястої форми, так і з бульбашок, що мають форму багатокутника і розділених прошарками рідини (комірчасто-плівкова піна). Як вказує А. Тепел, в процесах переробки молока і виробництва різних видів молочних продуктів піноутворення може грати як негативну, так і позитивну роль. В наш час найбільшою мірою реалізована позитивна властивість молока і молочних продуктів утворювати стабільні піни: при виробництві вершкового масла способом збиття вершків, морозива, збитих вершків, комбінованих молочних збитих продуктів. Негативна роль піноутворення виражається в зниженні ефективності пастеризації молока, порушенні окремих технологічних процесів (при резервуванні, виробленні сухих

молочних продуктів, розливів молочних продуктів і т. д.), зниженні якості продуктів, що виробляються, порушенні режимів роботи устаткування (насосів, сепараторів). Відзначимо, що збільшення вмісту жирової фази в молочній рідині може як знижувати її пінотворну здатність (знежирене молоко), так і збільшувати, підвищуючи стабільність повітряної дисперсії (вершки). Руйнування піни жировими кульками справедливо лише для дуже низьких концентрацій жирової дисперсії. При цьому механізм несприятливого впливу жирових кульок на піноутворення достовірно не встановлений [3]. Деякі виробничі процеси супроводжуються піноутворенням, яке може викликати ряд технологічної і економічної проблем. Піноутворення може порушити ритмічність виробничого циклу в результаті забивання піною устаткування і комунікацій (трубопроводів, фільтрів, насосів, пасток, відстійників і ін.). Разом з піною з системи видаляється значна кількість корисних речовин. Заповнення піною апаратів викликає зменшення їх корисного об'єму і зниження продуктивної потужності цеху, збільшуючи витрати потужності.

**Основна частина.** Зменшення утворення піни можна здійснювати безпосереднім її руйнуванням шляхом введення в середу хімічних речовин або за допомогою спеціальних пристроїв, а також непрямыми способами (витягання з розчинів піноутворювачів, стабілізаторів піни або їх деструкція, ведення процесів, що обмежують або виключають утворення піни). Способи безпосереднього руйнування піни за допомогою спеціальних пристроїв, названі «нехімічними» на відміну від хімічного способу, умовно можна розділити на механічні і фізичні. Вживання нехімічних способів економічніше при постійному і інтенсивному піноутворенні. Можливим напрямом боротьби з піноутворенням, викликаним механічними діями може служити вживання антивспінювачів, тобто речовин, які витісняють піноутворювач з границь розділу фаз завдяки високій здатності розтікатися на рідинних плівках. При розтіканні вони захоплюють шар рідини, що пролягає нижче, завтовшки близько 10 мкм і внаслідок цього викликають розрив плівок. Антивспінювачі - це речовини, малорозчинні в пінистому розчині, наприклад силікон і вищі аліфатичні спирти, головним чином октанол і трибутилфосфат. Хімічний спосіб піногасіння в більшості випадків вельми ефективний, а інколи є єдино прийнятним.

Основним недоліком використання хімічних піногасників є можливість забруднення напівфабрикатів, готового продукту, а також технологічної лінії, хоча більшість вживаних речовин-піногасників інертна, і вводять їх в обмежених кількостях. Крім того, вживання

піногасників підвищує собівартість вироблюваної продукції, оскільки витрата цих речовин на крупних промислових підприємствах може досягати декількох тонн в добу. Для введення хімічних піногасників в апарат потрібні спеціальні пристрої, а в деяких випадках необхідна попередня підготовка піногасників, наприклад емульгування, стерилізація. За принципом дії антивспінювачі можна розділити на дві групи. До першої відносяться речовини, принцип дії яких заснований на взаємодії їх з піноутворювачами з утворенням нерозчинних або малорозчинних з'єднань. Так, при додаванні розчинних солей кальцію і алюмінію, наприклад хлоридів, до піноутворюючого розчину натрієвих або калієвих солей жирних кислот або катіонних ПАР до розчину аніонних ПАР утворюються нерозчинні з'єднання, і піна руйнується. Чим менше з'єднання, що розчинно утворюється, тим більше ефективний антивспінювач. Ефективним способом вживання антивспінювачів цієї групи, при якому досягається прискорене руйнування піни, є подача їх у вигляді піни. Наприклад, піну, стабілізовану катіонними ПАР, подають на ту, що підлягає руйнуванню піну з розчину аніонних ПАР. У розчин катіонних ПАР зазвичай вводять в значній кількості солі кальцію або алюмінію. До недоліків антивспінювачів цієї групи слід віднести велику витрату речовини. Крім того, утворення нерозчинних з'єднань часто виявляється неприйнятним і умовам виробництва через можливості забруднення робочих розчинів.

До другої, більш багаточисельної групі антивспінювачів відносяться речовини, що хімічно не взаємодіють з піноутворювачами. Вони руйнують піну або попереджають її утворення в результаті різних фізичних процесів. Механізм дії антивспінювачів другої групи складніший. Ефективність цих антивспінювачів залежить від їх фізико-хімічних параметрів, що визначають властивості пінних плівок. Існують різні способи вживання антивспінювачів цієї групи. Їх можна вводити заздалегідь в робоче середовище (пінистий розчин) для запобігання небажаному піноутворенню у вигляді розчинів, і також у вигляді водних емульсій різного складу. Згідно іншому способу антивспінювачі вводять в піну, що вже утворилася. Слід зазначити, що ефективність антивспінювачів при цих двох способах вживання неоднакова [4]. У зв'язку з цим, при оцінці піногасної здатності антивспінювачів необхідно розрізняти їх ефективність при руйнуванні піни (власне при піногасінні), що вже утворилася, і при попередженні в процесі спінювання. Зазвичай речовини, ефективні при попередженні піноутворення, одночасно добре руйнують і готову піну. В той же час багато антивспінювачів, ефективно руйнівні піну, при попаданні в розчин стають

малоефективними і не попереджають утворення піни. В цьому випадку для запобігання або зменшення піноутворення, а також для руйнування піни, що утворилася, застосовують різні механічні і фізичні способи боротьби. Перші два часто об'єднують в одну групу нехімічних способів піногасіння.

Механічні способи руйнування піни здійснюються за допомогою всіляких пристроїв (мішалки, диски, центрифуги, лопаті, крильчатки і ін.), що мають обертові робочі органи, струмені повітря, пари і рідини, переміщенням піни в циклонах і через тонкі отвори і так далі [5]. Недоліками механічних способів є мала ефективність при руйнуванні високостійких низькократних пін, складність і громіздкість устаткування і велика витрата енергії. Крім того, механічні способи піногасіння зазвичай лише знижують об'єм і кратність піни, але не руйнують її повністю. До фізичних способів відносять руйнування піни термічними діями (нагріванням, обробкою гострою парою, заморожуванням), акустичними хвилями (в основному ультразвуком), вібрацією, дією  $\alpha$  - часток, створенням високого капілярного тиску в піні і так далі.

Сутність механічних способів піногасіння полягає в руйнуванні піни шляхом механічної дії на бульбашки. З цією метою найчастіше використовують різного типа пристрої (мішалки, крильчатки і так далі), що обертаються, які можуть бути змонтовані в технологічному апараті безпосередньо на валу перемішувача або пристрою у верхній його частині або встановлені автономно.

Термічний спосіб використовують для руйнування піни, що утворюється у випарних апаратах, а також для руйнування піни стічних вод. Цей спосіб заснований на випарюванні рідини з бульбашок піни, що полегшує їх розрив.

Часто піну руйнують гострою парою або дією на неї тепла, що випромінюється від нагрітої поверхні. Термічний піноруйнувач включає сопло для подачі пари, циліндрову трубу, закріплену співісно соплу. Сопло встановлене в реакторі під кутом до горизонту  $10-30^\circ$  в зоні утворення піни над рівнем робочої рідини. Як тільки вспінена маса піднімається і покриває пристрій для гасіння піни, відкривають вентиль на робоче середовище в трубопроводі, що підводить, і пару поступає в сопло. Струмінь пари з сопла ударяє в масу піни і руйнує її на своїй дорозі [5].

Акустичний спосіб піногасіння застосовують в різних галузях промисловості. Описаний пристрій для ультразвукового піногасіння на основі пневмонічної сирени. Звукові хвиля відбиваються від рефлектора і у вигляді щільного пучка падають на поверхню пінного

шару, руйнуючи його. Для руйнування стовпа піни діаметром 12 см і заввишки 8 см потрібний всього 4 с.

Піногасіння може мати місце навіть тоді, коли між джерелом звуку і оброблюваним середовищем знаходиться тонка мембрана. В цьому випадку повітря, що виходить з генератора, не вступає в контакт з повітряним простором над оброблюваним пінистим середовищем. Проте при цьому ефективність піногасіння знижується на 50%. Для забезпечення ефективного піногасіння у в'язких середовищах застосовують джерела звуку з частотою від 0,7 до 30 кГц. Рівень інтенсивності звуку повинен складати 145-150 децибел. Акустичний спосіб із-за значних звукових перешкод може бути застосований для руйнування піни невеликих об'ємів на обмеженій площі. Запропонований спосіб гасіння піни дією височастотного хвильового випромінювання. Цей спосіб використовує вісім паралельно направлених ультразвукових хвильових полів, які проникають в структуру піни і руйнують її. В разі молока, наприклад, час дії 0,2 сек, буде достатнім, аби повністю зруйнувати шар піни заввишки 7,5 див.

Також відомий спосіб гасіння піни шляхом дії інфрачервоного випромінювання. Для гасіння піни використовують когерентне випромінювання лазера, довжина хвилі якого збігається із смугою поглинання речовин плівок рідини. Руйнування піни відбувається унаслідок вибіркового поглинання енергії лазерного променя плівками двофазної системи. В результаті поглинання лазерного імпульсу відбувається миттєвий випар долі рідини, що міститься в плівці.

Може виявитися ефективним спосіб піногасіння за допомогою електричного, розряду. Пристрій містить джерело високої напруги (ДВН), обмежувач струмового розряду (ОСР) і блок розрядних електродів. Блок виконаний у вигляді окремих голчаних електродів, розміщених на електроізоляційній підставі, причому кожен з електродів підключений до ДВН через індивідуальний ОСР. Пристрій забезпечений порожнистими штангами з електроізоляційного матеріалу і кабелями, розміщеними в порожнині кожній з штанг і що сполучають розрядний електрод з відповідним ОСР, який виконаний у вигляді наборів послідовно сполучених високовольтних конденсаторів. При включенні в мережу ДВН висока напруга подається на загальну шину, звідки через обмежувачі розряду і коаксіальні кабелі поступає на голчані розрядні електроди, на вістрях яких концентруються електричні заряди великої величини. Електричне поле великої напруженості, що виникає при цьому,

наводить до електричного розряду між вістрями електродів і поверхнею піни, внаслідок чого піна руйнується.

Не дивлячись на різноманіття прийомів і засобів нехімічних способів боротьби з піноутворенням, використовуваних в різних галузях промисловості, всі вони володіють тими або іншими недоліками, які або обмежують їх вживання, або взагалі не дозволяють їх використовувати в деяких системах.

При виконанні експериментальних досліджень впливу піноутворення при протитечійно-струменевій гомогенізації можна використовувати як хімічні так і нехімічні методи, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Фізичні способи ефективні, але вимагають додаткового дорогого устаткування, але також можуть наводити до істотних змін технологічних властивостей молочної сировини, що звужує можливість їх використання. На наш погляд, найбільш перспективним є використання хімічних способів піногасіння. Вони дешеві, легко реалізуються і є досить ефективними.

При експериментальних дослідженнях використовували стандартні методи досліджень. Середню пробу для досліджень складали, користуючись, ГОСТ 9404; ГОСТ 5667; ГОСТ 3622. Пінотворну здатність (спінювання) молока визначали методом кратності пін і виражали в відсотках. Стійкість піни за певний проміжок часу обчислювали як відношення початкової висоти піни до кінцевої і виражали у відсотках. Пінозапобіжну здатність визначали як відношення висоти піни з піногасником до висоти піни без піногасника і виражали у відсотках. З метою розробки об'єктивних критеріїв за оцінкою ефективності дії рослинних олій як піногасник нами був запропонований коефіцієнт специфічності піногасника, під яким пропонуємо розуміти відношення суми масових долей октадеценної і октадекадієнної кислот до суми масових долей гексадеканої і октадеканої кислот, що містяться в маслі (жирі) (таблиця 1). При цьому в роботі не було встановлено, який з ізомерів (цис- або транс-) володіє більш вираженою пінопригнічуючою здатністю.

Зіставляючи результати досліджень можна констатувати, що чим менше значення коефіцієнта специфічності піногасника, тим більшою мірою виражена його пінозапобіжна здатність. Отримані результати можна використовувати для вибору рослинних олій, що володіють добрими пінозапобіжними властивостями. Коефіцієнт специфічності корелює з традиційним показником жирів і масел - йодним числом, В наших випадках найбільшою пінозапобіжною здатністю володіє пальмове масло. Воно дешеве і доступне, володіє необхідними технологічними властивостями. Його відрізняє від



інших, досліджуваних масел найвища температура застигання, обумовлена максимальним вмістом насичених кислот  $C_{16}$  і  $C_{18}$ . У подальших дослідженнях нами використано пальмове масло (ТУ 9141-012-00333530-01) з температурою застигання  $30^{\circ}\text{C}$  і йодним числом 55.

Таблиця 1 - Коефіцієнтів специфічності рослинних олій (піногасників)

Масло (піногасник)	Коефіцієнт піногасіння
Пальмове	1,16
Бавовняне	3,17
Кукурудзяне	4,24
Соєве	5,43
Оливкове	6,67
Соняшникове	8,03

**Висновки.** При експериментальних дослідженнях гомогенізації на розробленому пристрої внаслідок невеликих об'ємів молока кількість піни була незначною, і не впливала на якість гомогенізації. При промислових випробуваннях розробленого гомогенізатора в робочій камері спостерігалось значне піноутворення. Для боротьби з цим явищем застосовували комбінування механічного та хімічного методів. На виході з камери гомогенізатора розташований піногасник, що представляє собою камеру з отворами, що розбиває молоко на велику кількість тонких струменів. Крім того було вирішено застосувати внесення рафінованого і дезодорованого пальмового масла у кількості 0,5% і емульгатору "Альгінат натрію" у кількості 0,02% від об'єму молока [5]. Такі добавки не погіршують фізико-хімічні та органолептичні показники молока. Масло і емульгатор підігрівались до температури  $70...80^{\circ}\text{C}$  і вносились до гомогенізації, що підвищувало ефективність піногасіння. Ці міри дозволили знизити кількість утвореної піни до рівня, що не перевищує такий при обробці в інших типа гомогенізаторів.

Висновок випробувальної лабораторії харчової продукції продовольчої сировини та будівельних матеріалів мелітопольської філії випробувального центру "ЗАПОРІЖЖЯСТАНДАРТ-МЕТРОЛОГІЯ" свідчить про відповідність молока, що пройшло

гомогенізацію у розробленій машині, вимогам ДСТУ 2661-94.

Література:

1. Луканіна К. Протитечійно-струменева гомогенізація молока / К. Луканіна // Харчова і переробна промисловість, № 8, 1998 – с.34.
2. Самойчук К.О. Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока: автореф. дис. на получ. науч. звания канд. техн. наук : спец. 05.18.12 "Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв" / К.О. Самойчук. – Донецьк, 2008. – 20 с.
3. Белоусов А.П. Физико-химические процессы в производстве масла сбиванием сливок / А.П. Белоусов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 264 с.
4. Кругляков П.М. Пена и пенные пленки / П.М. Кругляков, Д.Р. Ексерова. - М.: Химия, 1990.-432 с.
5. Юрьева С.Ю. Исследование и разработка способов борьбы с нежелательным пенообразованием в молочной промышленности : автореф. дис. на получ. науч. звания канд. техн. наук : спец. 05.18.04 "Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств" / С.Ю. Юрьева. – Кемерово, 2003. – 20 с.

## **СНИЖЕНИЕ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОТИТЕЧИЙНО-СТРУМЕНЕВОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ МОЛОКА**

Самойчук К.О.

**Аннотация** - проанализированные методы снижения пенообразования и меры борьбы с этим явлением при протитечійно-струменевої гомогенізації молока.

## **DECLINE OF FOAM FORMATION DURING THE OPPOSITE-FLOW STREAM HOMOGENIZATION OF MILK**

K. Samoichuk

### **Summary**

The methods of decline of foam formation are analysed and measures of prevention of this phenomenon during the opposite-flow stream homogenization of milk are represented.

УДК 6674.001

## АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СХОДИНОК РОБОЧОГО ОРГАНУ

Фалько О.Л., к.т.н\*.,

Коваленко А.В., ст. викл.\*\*.,

Ємельянов О.З., студент

*Донецький національний університет економіки та торгівлі імені  
Михайла Туган-Барановського*

Тел. (062) 304-50-46

**Анотація** – робота присвячується визначенню оптимальних геометричних параметрів сходинок робочого органу, який здійснює коливання у горизонтальній площині, вібраційного транспортера для транспортування сипких харчових продуктів.

**Ключові слова** – вібротранспортування, вібротранспортери, вібропереміщення, геометричні параметри, робочий орган, східчаста дека.

**Постановка проблеми.** Вібротранспортери через простоту пристрою й обслуговування, надійність, низьку питому енергоємність і невелику собівартість, а також внаслідок можливості сполучення при вібропереміщенні інших технологічних операцій мають істотні переваги перед багатьма іншими видами транспортуючих машин. У зв'язку з цим, є перспективи для подальшого їх розвитку і модернізації. Із відомих авторитетних праць [1, 2, 3] відомо, що продуктивність вібротранспортування залежить, насамперед, від швидкості переміщення матеріалу по віброуючій поверхні. А швидкість, у свою чергу, визначається кінематичними і геометричними параметрами робочого органу. Тому при теоретичних дослідженнях нових схем вібротранспортування насамперед увагу варто приділити визначенню оптимальних параметрів від яких залежить швидкість вібропереміщення.

**Метою статті** є визначення оптимальних геометричних параметрів сходинок деки вібраційного транспортера для транспортування сипких харчових продуктів, яка здійснює коливання у горизонтальній площині [4].

---

©Фалько О.Л., к.т.н., Коваленко А.В., ст. викл. Ємельянов О.З., студент

\* Науковий консультант – д.т.н., професор Заплетніков І.М.

\*\* Науковий керівник – к.т.н., доцент Фалько О.Л.

**Основна частина.** Перед початком створення експериментального стенда, необхідно визначити раціональні геометричні параметри східчастої поверхні. У роботі [5] нами отримані формули для визначення довжини похилої поверхні, висоти сходинки й довжини сходинки. Основою для вибору параметра  $H_{CX}$  послужить вираз (1), значення  $V_{CX}$  дорівнює розміру частки сипучої суміші, значення кута нахилу сходинки  $\alpha$  підбирається дослідним шляхом. Вибір значення  $\alpha$  ґрунтується на значенні максимальної висоти польоту частки  $V_{\max}$ , яку було визначено теоретично й підтверджено експериментально. Задавшись діаметром однієї частки й, за допомогою програмного пакета MathCAD, розрахували раціональне значення довжини сходинки  $H_{CX}$ , похилої поверхні  $L_{CX}$ , що й відповідають їй значення висоти сходинки  $V_{CX}$ .

$$L_{N\bar{o}} = \frac{H_{N\bar{o}}}{\cos \alpha} = \frac{|\zeta_{02} + \zeta_{\Delta}|}{\cos \alpha}, \quad (1)$$

$$V_{CX} = L_{N\bar{o}} \sin \alpha = |\zeta_{02} + \zeta_{\Delta}| \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

$\zeta_{02}$  і  $\zeta_{\Delta}$  – загальне переміщення продукту за два етапи й зрушення деки відносно ПСР, відповідно,  $H_{CX}$  – довжина сходинки. Використовуючи діапазони значень для  $A$  і  $v$ , які обрані для розрахунків теоретичної швидкості переміщення продукту, розрахуємо мінімальні значення  $L_{CX}$  при обраних значеннях  $\alpha$ , результати занесемо в таблиці 1, 2, 3. Значення  $V_{CX}$ , як видно із залежності (2), будуть відповідати  $L_{CX}$ , тому обмежимося визначенням значень  $L_{CX}$  і їх аналізом.

Таблиця 1 – Залежність довжини похилої поверхні сходинки  $L_{CX}$  (м) від кінематичних параметрів робочого органу ( $\alpha=24$  град)

	Амплітуда коливань робочого органу, м.				
$v$ , Гц	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
15	0,0064	0,0049	0,00021	0,0045	0,0038
17,5	0,0034	0,0019	0,0032	0,0018	0,0032
20	0,0011	0,0019	0,0029	0,0037	0,0168
22,5	0,002	0,0024	0,0068	0,0138	0,0075
25	0,0012	0,0048	0,0102	0,0093	0,0287
27,5	0,00011	0,0093	0,0084	0,0233	0,0234
30	0,0064	0,0045	0,0199	0,0234	0,0323
32,5	0,0057	0,0154	0,0165	0,027	0,0507
35	0,0038	0,0111	0,026	0,0435	0,0562
37,5	0,0115	0,0204	0,0311	0,0437	0,0584
40	0,0091	0,0174	0,029	0,0446	0,0649
42,5	0,012	0,0282	0,043	0,055	0,0747
45	0,0161	0,0235	0,0491	0,0679	0,0863

Таблиця 2 – Залежність довжини похилої поверхні сходинок  $L_{CX}$  (м) від кінематичних параметрів робочого органу ( $\alpha=26$  град.)

$\nu$ , Гц	Амплітуда коливань робочого органу, м.				
	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
15	0,0067	0,0067	0,0024	0,0015	0,00011
17,5	0,0047	0,00021	0,00066	0,0058	0,0094
20	0,00045	0,00025	0,0069	0,0022	0,0092
22,5	0,00048	0,0056	0,0018	0,0063	0,0025
25	0,0033	0,00073	0,0037	0,00096	0,0164
27,5	0,003	0,0043	0,0015	0,0117	0,0111
30	0,0033	0,0012	0,0104	0,013	0,013
32,5	0,0017	0,0092	0,0076	0,0107	0,0293
35	0,00035	0,0029	0,0123	0,0258	0,037
37,5	0,0069	0,0127	0,02	0,0288	0,0388
40	0,0029	0,0068	0,014	0,0257	0,0419
42,5	0,0068	0,0177	0,0228	0,0283	0,0484
45	0,008	0,0124	0,0322	0,0353	0,0581

Таблиця 3 – Залежність довжини похилої поверхні сходинок  $L_{CX}$  (м) від кінематичних параметрів робочого органу ( $\alpha=28$  град.)

$\nu$ , Гц	Амплітуда коливань робочого органу, м.				
	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
15	0,0066	0,0083	0,0052	0,0015	0,0029
17,5	0,006	0,0024	0,0015	0,0092	0,0157
20	0,0021	0,002	0,0105	0,0088	0,0012
22,5	0,00083	0,0086	0,004	0,00058	0,0127
25	0,0051	0,0038	0,0022	0,0085	0,0042
27,5	0,006	0,00022	0,0064	0,00069	0,0035
30	0,00016	0,0072	0,0013	0,00027	0,0053
32,5	0,0019	0,0024	0,0028	0,005	0,0076
35	0,005	0,0051	0,0005	0,0075	0,0137
37,5	0,0018	0,0038	0,0065	0,0098	0,0136
40	0,003	0,0037	0,0016	0,0044	0,0139
42,5	0,00042	0,0061	0,0033	0,0028	0,0171
45	0,00038	0,00012	0,0119	0,0051	0,023

Графічні залежності за даними таблиць 1, 2, 3, представлено на рисунку 1.

Визначення геометричних розмірів східчастої поверхні по представленій теорії не враховує розміру часток продукту. Спочатку автор виходив з умови, що діаметр частки дорівнює висоті сходинок й центр частки перебуває на одному горизонтальному рівні з верхньою точкою сходинок або близький за рівнем до неї [6], що на практиці дозволяє уникнути етапу численних зіткнень частки між вертикальною й похилою площинами сходинок деки.

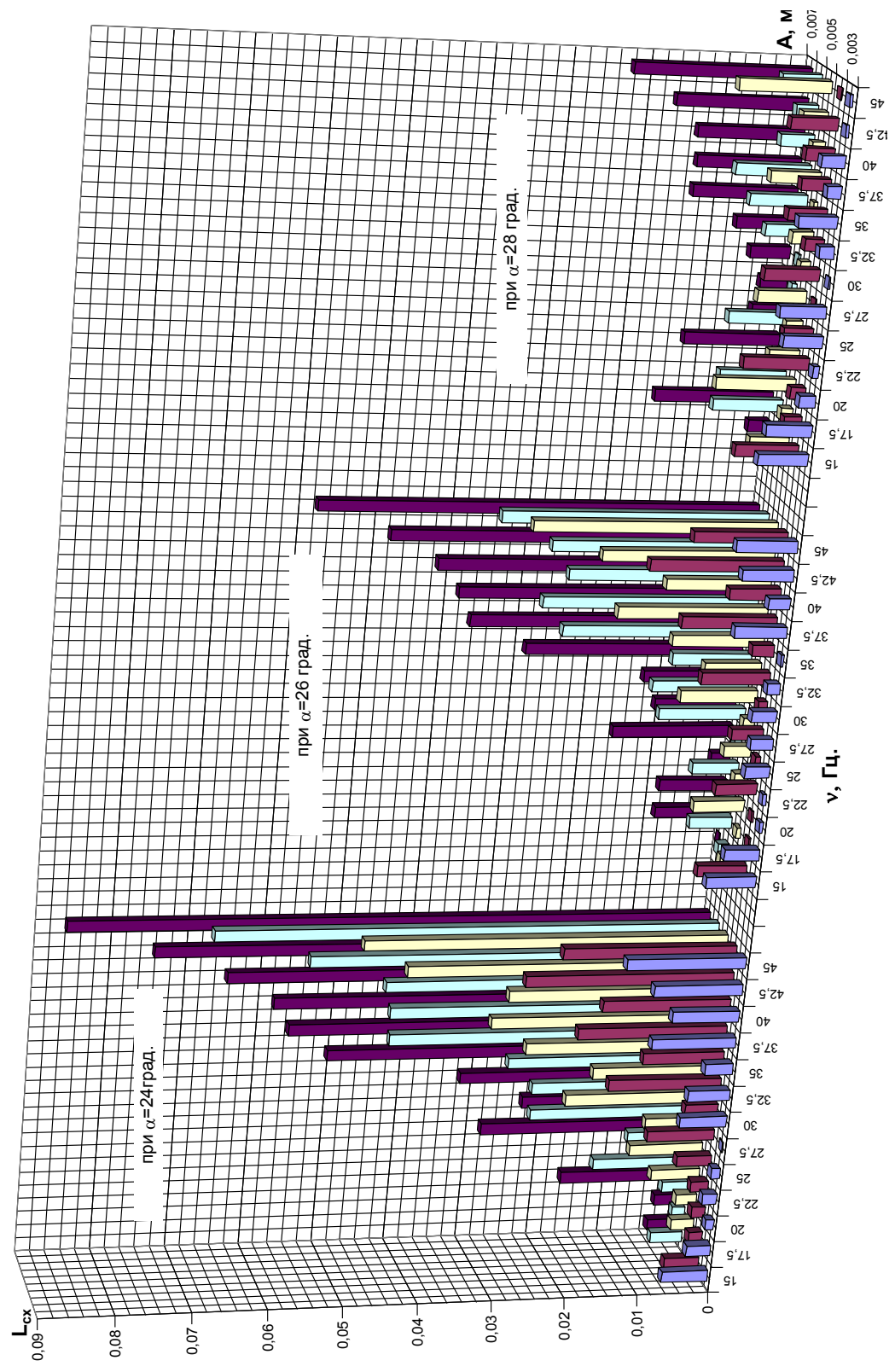


Рис. 1. Мінімальна довжина похилої поверхні сходинки для оптимальних кінематичних параметрів, виходячи з максимальної швидкості процесу вібропереміщення

Аналізуючи графічні залежності на рис. 1. можна відзначити, що зі зменшенням кута нахилу сходинок  $\alpha$ , довжина похилої  $L_{CX}$  зростає. Оскільки збільшення  $L_{CX}$  приводить до збільшення  $V_{CX}$ , яка по теорії порівнянна з діаметром (розміром) частки продукту, те можна зробити припущення про те, що вібротранспортування цих же часток на робочому органі з іншим кутом нахилу сходинок  $\alpha$ , буде оптимально здійснюватися при інших геометричних параметрах деки.

Це у свою чергу приводить до висновку, що  $L_{CX}$  є величиною, якої необхідно варіювати для технологічних цілей. Впливати на швидкість переміщення продукту, можна підбираючи значення  $L_{CX}$ , залежно від розміру продукту.

Беручи до уваги прагнення до високої швидкості процесу вібропереміщення продукту, яке досягається при  $\alpha=24\dots28$  градусів щодо обрїю, виберемо значення  $L_{CX}$  при оптимальних для найбільшої швидкості кінематичних параметрах, при цьому враховуючи дані підтверджені дослідним шляхом. Згідно з обраними значеннями  $L_{CX}$  представленим у таблиці 4, визначимо за допомогою вираження (2) відповідні їм значення  $V_{CX}$ , які представлено в таблиці 5.

$V_{CX}$  визначає граничні розміри часток продукту. Значить для кожної пари  $V_{CX}$  і  $L_{CX}$  існує й оптимальний розмір частки. Отже, при однакових кінематичних параметрах, можна створювати робочі органи з різними параметрами щабля, під розмір продукту.

Таблиця 4 – Мінімальна довжина похилої поверхні сходинок  $L_{CX}$  (м) залежно від обраних кінематичних параметрів робочого органу.

	при $\alpha=24$ гради.	при $\alpha=26$ гради.	при $\alpha=28$ гради.
$v$ , Гц	$A=0,007$ м	$A=0,007$ м	$A=0,007$ м
22,5	0,0075	0,0025	0,0127
25	0,0287	0,0164	0,0042
27,5	0,0234	0,0111	0,0035

Таблиця 5 – Висота вертикальної поверхні сходинок  $V_{CX}$  (м) залежно від обраних кінематичних параметрів робочого органу.

	при $\alpha=24$ гради.	при $\alpha=26$ гради.	при $\alpha=28$ гради.
$v$ , Гц	$A=0,007$ м	$A=0,007$ м	$A=0,007$ м
22,5	0,003	0,0011	0,006
25	0,0117	0,0072	0,002
27,5	0,0095	0,0049	0,0016

Наприклад, для пшениці, ширина зерна 1,6 – 4,0 мм [5], можуть підійти наступні геометричні параметри сходинок деки:  $L_{CXI}=0,0111$ м,

$V_{CX}=0,0049\text{ м}$ ,  $L_{CX2}=0,0035\text{ м}$ ,  $V_{CX2}=0,0016\text{ м}$ , які відзначено в таблиці 4 і 5 і умовно представлено на рисунку 2.

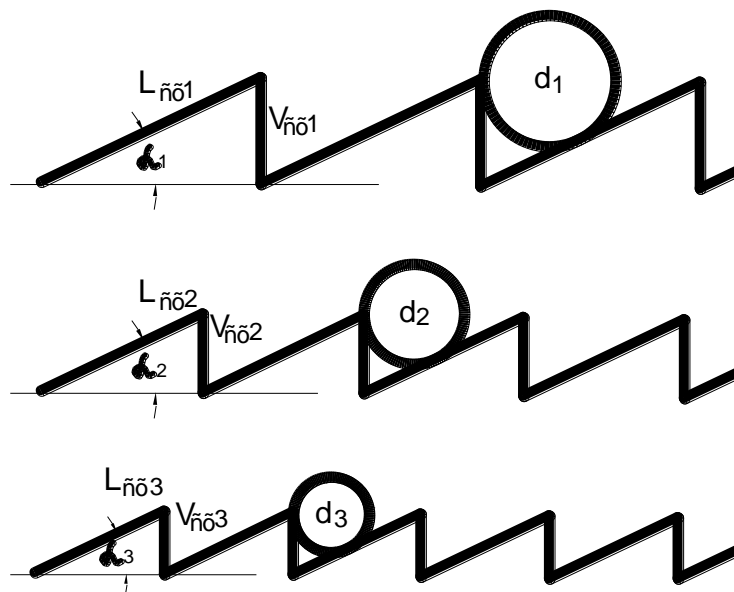


Рис. 2. Схема східчастої поверхні для різних фракцій сипучого продукту

На рисунку 2 схематично показано, що для різних по розміру часток продукту потрібні певні розміри сходинок деки  $L_{CX}$  і  $V_{CX}$ . У більшості випадках сипучі маси не однорідні по своєму фракційному складу. Для таких сумішей слід виготовляти універсальні робочі органи. По універсальній східчастій деці, що робить подовжні коливання в горизонтальній площині частки різних розмірів будуть переміщатися з різною швидкістю.

**Висновки.** На підставі аналітичних досліджень і розрахунків теоретично визначено оптимальні геометричні параметри сходинок деки вібраційного транспортера для транспортування сипких харчових продуктів, яка здійснює коливання у горизонтальній площині.

#### Література

1. *Потураев, В.Н.* Вибрационные транспортирующие машины [Текст]: Основы теории и расчета / В.Н. Потураев В.П. Франчук, А.Г. Червоненко; изд. – М. : «Машиностроение», 1964. -272 с.
2. *Блехман И.И.* Вибрационное перемещение [Текст] / И.И.Блехман, Г.Ю.Джанелидзе. – М.: Наука, 1964. – 412 с.
3. *Спиваковский А.О.* Вибрационные конвейеры питатели и вспомогательные устройства [Текст] / А.О. Спиваковский, И.Ф. Гончаревич. М., «Машиностроение», 1972, с. 109 – 124.



4. Пат. 26133 Україна, МПК (2006) B65G 2007. Вібраційний конвеєр для транспортування сипкої харчової сировини [Текст] / А.В.Коваленко, О.Л.Фалько, І.М.Заплетніков; заявник і власник Донец. держ. ун-т економіки і торгівлі ім. М.Туган-Барановського. -№ 2007 02634; заявл. 12.03.07; опубл. 10.09.07, Бюл. №14. – 6с.
5. *Фалько О. Л.* Теоретичне визначення оптимальних геометричних параметрів сходинок деки для частинок сипких мас різних розмірів / О.Л. Фалько, А.В. Коваленко // Обладнання та технології харчових виробництв. Вип. 22, -Донецьк: ДонНУЕТ, – 2009. - С.301-307.
6. *Фалько О. Л.* Експериментальні дослідження вібропереміщення сипкої харчової сировини по ступінчатому робочому органу, який піддається продовжним коливанням у горизонтальній площині / О.Л. Фалько, А.В. Коваленко //Обладнання та технології харчових виробництв: Вип. 16, -Донецьк: ДонНУЕТ, – 2007. - С.80-82.

### **АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТУПЕНЕК РАБОЧЕГО ОРГАНА**

Фалько О.Л., Коваленко А.В., Емельянов О.З.

*Аннотация* - работа посвящается определению оптимальных геометрических параметров ступенек рабочего органа, который осуществляет колебания в горизонтальной плоскости, вибрационного транспортера для транспортирования сыпучих пищевых продуктов.

### **THE ANALYTIC DEFINITION OF THE OPTIMAL GEOMETRIC PARAMETERS OF THE STEPS OF WORKING ORGAN**

A. Falko, A. Kovalenko, A. Emelyanov

#### *Summary*

Work is devoted to determining of the optimal geometric parameters of the steps of working organ which carries out oscillation in horizontal plane, oscillating conveyor for the transportation of loose food cargoes.

УДК 663/664.02(076.5)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІШУВАННЯ РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ У ЛОПАТЕВИХ МІШАЛКАХ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ.

Бойко В.С., к.т.н.,

Спаі В.Ф., магістрант

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**Анотація** – дану роботу присвячено розробці заходів спрямованих на поліпшення якості перемішування рідких сумішей та зниження енерговитрат. У статті представлені теоретичні дослідження процесу перемішування та висновки експериментальних дослідів.

**Ключові слова** – перемішування, комбінований робочий орган, розчин, концентрація, критеріальні рівняння, ступінь однорідності, коефіцієнт варіації, ступінь змішування.

**Постановка проблеми.** За результатами проведеного аналізу літературних джерел, патентів і авторських посвідчень ми переконалися, що існуючі робочі органи для перемішування рідких середовищ не забезпечують достатню якість перемішування розчинів. Особливо це стосується лопатевих мішалок.

Зі збільшенням частоти обертання мішалки зростає витрата енергії й глибина воронки на поверхні перемішуваної рідини, що зменшує раціональне використання повного обсягу апарата. Під дією відцентрових сил рідина рухається в площині обертання лопат мішалки від центра змішувача до стінок. У наслідку такого руху в центрі змішувача виникає зона зниженого тиску й утвориться воронка куди засмоктується рідина із шарів розташованих вище й нижче лопаті. Створюваний слабкий осьовий потік не забезпечує повного перемішування в повному обсязі змішувача.

Виходячи із проведеного аналізу можна сформулювати мету даної роботи.

**Мета роботи** – Удосконалення конструкції робочих органів змішувача для поліпшення якісних параметрів перемішування рідких середовищ і зниження енерговитрат.

**Аналіз останніх досліджень.** За конструктивними ознаками механічні перемішувачі пристрої діляться на дві групи:

- швидкохідні - це лопатеві, пропелерні, турбінні та інші, в яких колова швидкість кінців лопаті знаходиться в межах 10 м/с, а

відношення —  $\frac{D}{d} > 3$ ;

- тихохідні - це якірні, рамні, стрічкові тощо, в яких колова швидкість знаходиться у межах 10 м/с, а  $\frac{D}{d} < 2$

В стандарті зареєстровано 12 типів мішалок:

1 швидкохідні:

01 - трилопатева з кутом нахилу лопаті  $\alpha = 24^\circ$ ; 02 - гвинтова; 03 - турбінна відкрита; 04 - турбінна закрита; 05 - шестилопатева, з кутом нахилу лопаті  $\alpha = 45^\circ$ ; 06 - кліткова; 07 - лопатева;

2 тихохідні:

08 - шнекова; 09 - якірна; 10-рамна; 11 - стрічкова; 12 - стрічкова зі скребками.

Тихохідні мішалки - застосовуються в основному для перемішування високов'язких і не ньютонівських рідин інтенсифікації тепло масообміну, гомогенізації та інших процесів. Стандартні тихохідні мішалки діляться на такі, в яких лопаті перпендикулярні площині обертання, і мішалки, в яких лопаті утворюють кут з площиною їх обертання. Робочі органи в тихохідних мішалках встановлюються, як правило, в посудинах з гладенькими стінками.

Якірні мішалки. Робочі органи в якірних мішалках за формою, як правило, відповідають формі днища посудини. Відстань між стінками посудини і зовнішнім контуром робочого органа  $\delta = 0,05 D$ , а діаметр робочого органа  $d = 0,9 D$  (рис. 1).

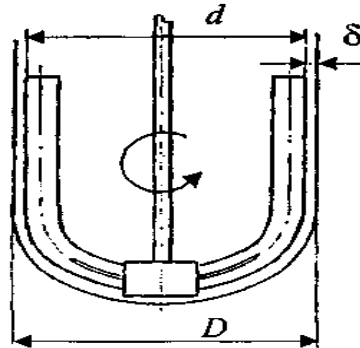


Рис.1. Робочий орган мішалки якірного типу

Якірні мішалки застосовують для перемішування дуже густих рідин, особливо тоді, коли процес проходить із нагріванням через стінки посудини. Через невелику відстань між зовнішнім контуром

робочого органа і посудиною біля її стінок виникає значна турбулентна течія, що запобігає перегріванню рідини і утворенню на стінках осаду чи продуктів хімічних реакцій.

Для перемішування рідин високої в'язкості в робочому органі додатково закріплюють горизонтальні і вертикальні лопаті. Згідно з формою днища розрізняють сферичні, еліптичні.

Стрічкові мішалки. Робочі органи стрічкової мішалки являють собою вал, на якому на однакових відстанях одна від одної закріплені циліндричні траверси. На зовнішніх кінцях траверс закріплені дві стрічки шириною  $b$  з відносним кроком  $t = 1,0$ . Висота  $d$  стрічкової мішалки залежить від висоти корпусу апарата і рівня рідини в ньому. Стрічкові робочі органи встановлюються в апаратах, що мають наступні геометричні характеристики:  $1,0 \leq \frac{H}{D} \leq 3,0$  і  $1,04 \leq \frac{H}{D} \leq 1,3$  (де  $H$  – висота корпусу мішалки). Робочий орган стрічкової мішалки показаний на рис. 2.

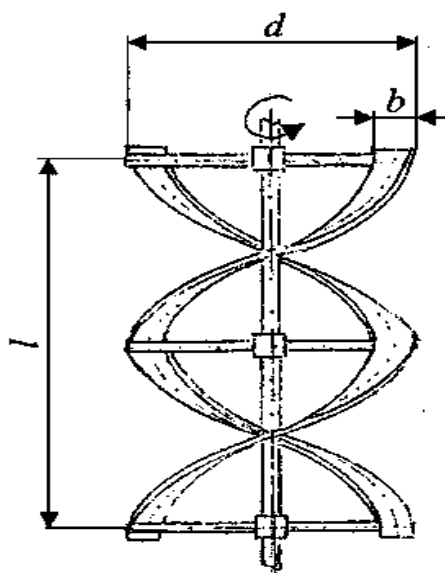


Рис.2. Робочий орган стрічкової мішалки рамні та інші мішалки

**Формування цілей статті.** Інтенсивне перемішування рідини має місце тільки в результаті утворення вторинних потоків і вихрового руху. Під дією відцентрових сил рідина рухається в площині обертання лопати мішалки від центра змішувача до стінок. Внаслідок такого руху в центрі змішувача виникає зона зниженого тиску й утвориться воронка, куди засмоктується рідину із шарів, розташованих вище й нижче лопати мішалки. Вторинні потоки й круговий рух рідини створюють складний контур циркуляції.

Процес перемішування з гідродинамічної точки зору може бути розглянутий як процес зовнішнього обтікання тіл потоком рідини. При обертанні робочого органа перемішуючого пристрою, енергія

затрачується на подолання тертя лопат об рідину й на вихроутворення.

Представимо циркуляцію рідини в змішувачі як рух по замкнутому трубопроводі. Даний процес можна описати використовуючи критеріальне рівняння, що зв'язує фізичні характеристики руху рідини

$$E_{\text{и}} = f(R_e, F_r, \Gamma_1, \Gamma_2 \dots), \quad (1)$$

де  $E_{\text{и}} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot v^2}$  - критерій Ейлера, міра співвідношення сили тиску

й сили інерції в потоці;

$\Delta P$  – різниця тисків з однієї й іншої сторони лопати мішалки, кг/м<sup>2</sup>;

$v$  - лінійна швидкість руху, м/с;

$\rho$  – щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$R_e = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}$  - критерій Рейнольдса – міра співвідношення сил

інерції й сил тертя в потоці рідини;

$d$  - діаметр лопати мішалки, м;

$\mu$  - динамічний коефіцієнт в'язкості, Па с;

$F_r = \frac{v^2}{g \cdot l}$  - критерій Фруда, міра співвідношення сил інерції й сил

ваги;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$l$  – лінійний розмір мішалки, м;

$\Gamma_1, \Gamma_2$  - параметричні критерії, що характеризують геометричні розміри мішалки й змішувача,

$$(\Gamma_1 = \frac{D}{d}; \Gamma_2 = \frac{H}{D}; \dots)$$

У якості визначального лінійного розміру приймається діаметр мішалки  $d_M$ .

Дійсна лінійна швидкість рідини, середню величину якої визначити практично не можна, замінюється на окружну швидкість кінця лопати мішалки

$$V_{\text{із}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}, \quad (2)$$

де  $v_{\text{ок}}$  – окружна швидкість кінця лопати мішалки, м/с;

$n$  - частота обертання мішалки, об/хв.

Перепад тиску між передньою й задньою площинами лопати обертається через корисну потужність  $N$ , введена в рідину за аналогією з потужністю насоса рідини, що витрачається на перекачування, по трубопроводу.

$$\Delta P = \frac{N}{V_{\text{сек}}}, \quad (3)$$

де  $\Delta P$  - перепад тиску, Па;

$N$  - корисна потужність затрачувана на перемішування, кВт;

$V_{\text{сек}}$  - обсяг переміщуваної рідини, м<sup>3</sup>/с;

$$V_{\text{сек}} = F \cdot H \cdot m, \quad (4)$$

$F$  - площа поперечного перерізу апарата, м<sup>2</sup>;

$H$  - висота рівня рідини в апараті, м;

$m$  - кратність циркуляції, с<sup>-1</sup>.

Виразимо розміри апарата через діаметр мішалки, тому що ці розміри взаємозалежні:

$$F = C_1 \cdot d_m^2; \quad (5)$$

$$H = C_2 \cdot d_m; \quad (6)$$

Кратність циркуляції можна прийняти пропорційній частоті обертання мішалки

$$m = C_3 \cdot n \quad (7)$$

З обліком того що швидкість руху рідини  $v = C_4 \cdot v_{\text{окр}} = C_4 \cdot \pi \cdot d_m \cdot n = C_5 \cdot d_m \cdot n$ , (число « $\pi$ » опущено, тому що воно не впливає на фізичний зміст критерію) одержимо модифіковані критерії Ейлера – Рейнольдса й Фруда виключивши коефіцієнти пропорційності  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$ .

$$E_{\text{ум}} = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d_m^3}; \quad (8)$$

$$R_e = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu_m}; \quad (9)$$

$$F_{\text{рм}} = \frac{n^2 \cdot d}{g}; \quad (10)$$

Тоді у випадку геометричної подоби перемішувачих пристроїв і посудин узагальнена залежність для визначення витрат енергії на перемішування може бути виражена наступним рівнянням.

$$\frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d_m^3} = A \cdot \left( \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu_m} \right)^k \cdot \left( \frac{n^2 \cdot d}{g} \right)^e; \quad (11)$$

Вплив сили ваги на рух рідини в змішувачі невеликий і тому критерій Фруда можна описати.

У такий спосіб одержуємо спрощене критеріальне рівняння процесу перемішування

$$E_{\text{ум}} = A \cdot R_{\text{см}}^k, \quad (12)$$

де  $A$  и  $K$  - коефіцієнти залежні від типу мішалки, конструкції змішувача, режиму перемішування, визначаються експериментально.

В якості робочого органу при експериментальних дослідженнях обрані три конструкції: проста листова (рис. 3а); комбінована лопатева мішалка зі спіраллю (рис. 3б); комбінована рамна мішалка зі спіраллю (рис. 3в).

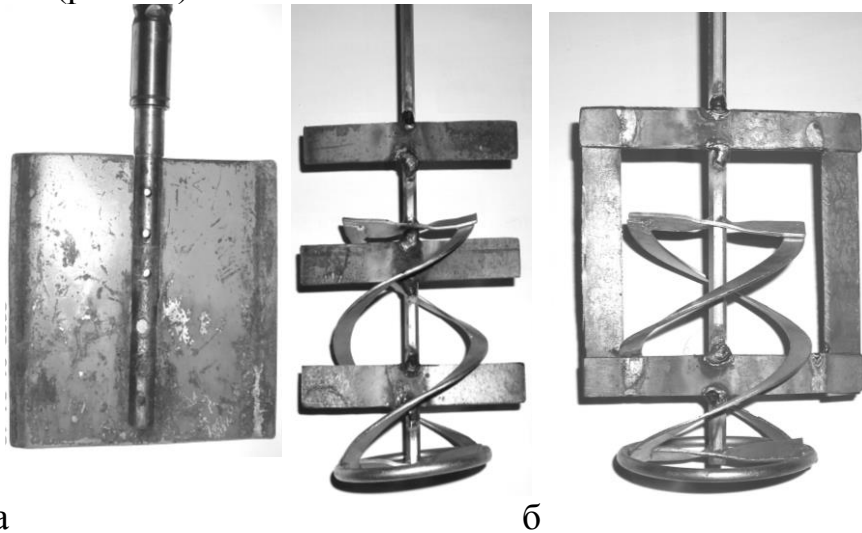


Рис.3. Перемішуючі робочі органи  
а - проста листова; б - комбінована лопатева мішалка зі спіраллю; в - комбінована рамна мішалка зі спіраллю

Перемішуючі робочі органи виготовлені з однаковими габаритними розмірами (висота  $h$  і діаметр  $d$ )

Дослідження енергетичних показників роботи змішувача проводилися згідно методики. Було виконано 108 досвідів для визначення залежності потужності, що витрачається на перемішування рідкого середовища від оборотів змішувача для різних конструкцій робочого органу. За експериментальними даними розрахована потужність  $N$ (Вт) для відповідних оборотів робочого органу.

За даними побудовані графіки залежності  $N=f(n)$  (рис. 4). Аналіз даних залежностей показав, що найбільші енергетичні витрати має листовий робочий орган ( $N=14,9$  Вт при  $C=25\%$ ), менші енергетичні витрати у рамного комбінованого органу ( $N=13,7$  Вт при  $C=25\%$ ) і найбільш ефективним виявився лопатевий комбінований робочий орган ( $N=10,76$  Вт при  $C=25\%$ ).

За допомогою експертної оцінки були визначені умови не оголення лопати мішалки й умови не виплескування рідини з сосуду.

Так наприклад для листового робочого органу коли рівень води в утвореній воронці досяг верхнього краю лопати, число оборотів досягло 110 об/хв., для рамного комбінованого робочого органу  $n=170$  об/хв, для лопатевого - 190 об/хв.

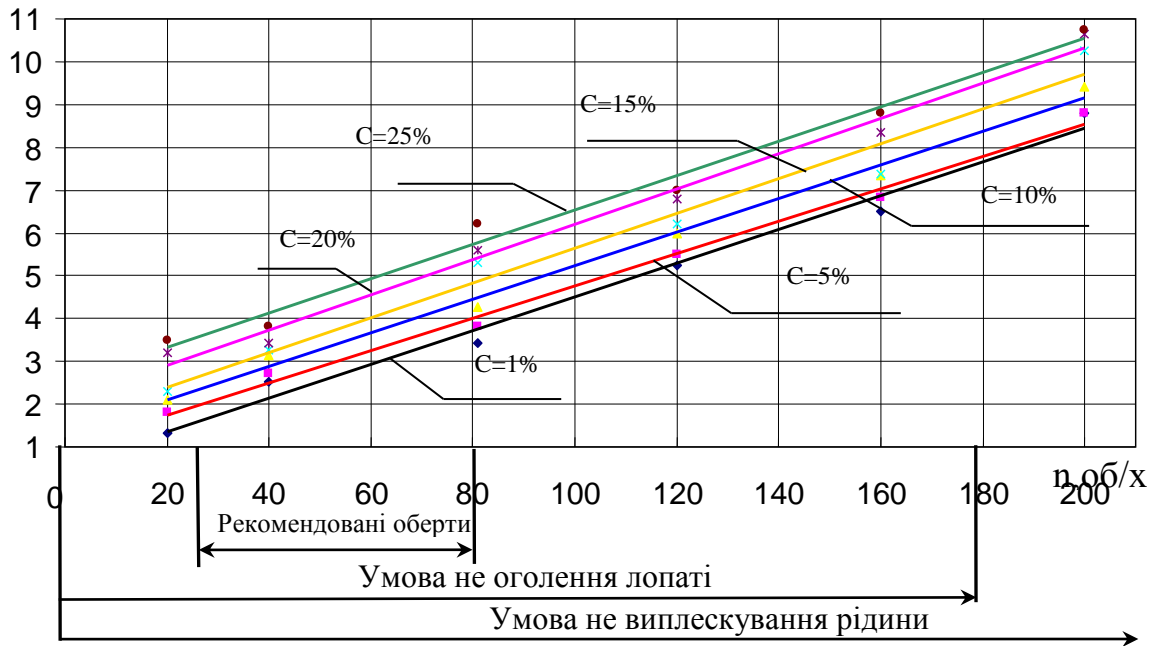


Рис. 4. Графік залежності потужності на перемішування від обертів лопатевої комбінованої мішалки

За результатами проведеного експерименту побудовані залежності  $N=f(C)$  для робочих органів змішувача (рис. 5)

$N$ , Вт

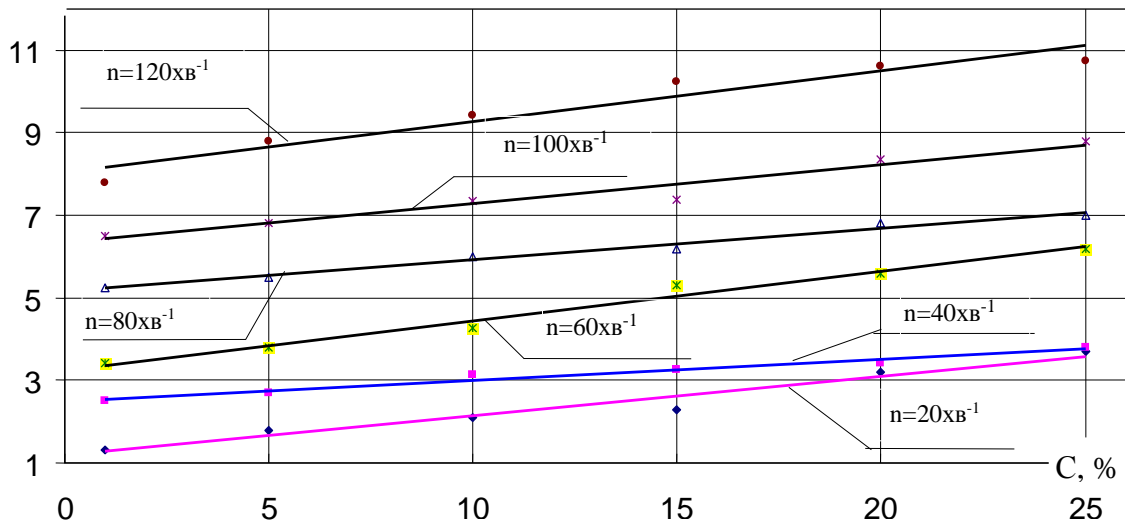


Рис.5. Графік залежності потужності на перемішування лопатної мішалки від концентрації розчину

**Висновок.** Отримані критеріальні рівняння для розрахунку пристроїв з 3-ма конструкціями робочих органів. Визначені витрати енергії для перемішування розчину максимальні значення яких склали:

- для листового робочого органа  $N=14,9$
- для лопатевого комбінованого робочого органа  $N=10,76$
- для рамного комбінованого робочого органа  $N=13,7$ .



Визначено раціональні межі частоти обертання робочих органів умови, що забезпечує, не оголення лопати:

- для листового робочого органа n=110
- для лопатевого комбінованого робочого органа n=190
- для рамного комбінованого робочого органа n=170.

Отримані критеріальні рівняння дають можливість перейти від модельного до виробничого зразка.

#### Література

1. *Стабников В.Н.* Процессы и аппараты пищевых производств / В.Н.Стабников и др. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 660с.
2. *Кавецкий Г.Д.* Процессы и аппараты пищевой технологи / Г.Д. Кравецкий, Б.В. Васильев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1999. – 551с.
3. *Гулий І.С.* Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов, В.Г. Мирончук, А.І. Українець та інші. За ред. академіка УААН Гулого І.С. – Вінниця: Нова книга, 2001, - 576с., рис. 335, табл. 26.
4. *Брагинский Л.Н.* Перемешивание в жидких среда / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш. – М.: Химия, 1984. – 336с.
5. *Гореньков Э.С.* Оборудование консервного производства: переработка плодов и овощей / Э.С. Гореньков, В.Л. Биберган. – М.: Агропромиздат, 1989.-256с.

### ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ РЕДКИХ СРЕД В ЛОПАСТНЫХ МЕШАЛКАХ РАЗНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Бойко В.С., Спаи В.Ф.

**Аннотация** - данная работа посвящена разработке мероприятий направленных на улучшение качества перемешивания редких смесей и снижения энергозатрат. В статье представлены теоретические исследования процесса перемешивания и выводы экспериментальных опытов.

### RESEARCH OF PROCESS OF INTERFUSION OF RARE ENVIRONMENTS IN BLADES MIXERS OF DIFFERENT CONSTRUCTIONS

V. Boyko, V. Spai.

#### Summary

This work is devoted to development of measures directed on the improvement of quality of interfusion of rare mixtures and resource-saving. The article conveys theoretical researches of process of interfusion and conclusions of experimental tests.

УДК 631. 3.631.243.32

## УДОСКОНАЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ

Гвоздєв В.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – стаття присвячена визначенню напрямків удосконалювання технологічного процесу приготування комбікормів з використанням швидкохідного гвинтового змішувача.

**Ключові слова** – технологічний процес, комбікорм, гвинтовий змішувач, тонкі шари, надгвинтовий простір, швидкохідність гвинта.

**Постановка проблеми.** Змішування сипучих компонентів комбікормів в умовах сільськогосподарського виробництва є складним процесом, механізм дії якого головним чином залежить від конструкції робочих органів, реологічних властивостей компонентів змішування, і може бути достовірно описаний лише на підставі системного підходу з використанням теорій подібності, моделювання та імовірності. Тому виникла необхідність розробки науково-технічних засад, пов'язаних із змішуванням сипучих компонентів в процесі виробництва комбікормів за умови технологічного забезпечення високої якості змішування сипучих компонентів та зменшення тривалості циклу змішування.

**Аналіз останніх досліджень.** Існуюча система комбікормових підприємств має досить чітку структуру, яка передбачає розподіл технологічного обладнання для всіх рівнів виробництва, починаючи з державних заводів і до ліній для виробництва комбікормів в умовах господарств, причому домінуючим обладнанням в усіх підприємствах є змішувачі від яких залежить кінцевий стан комбікормів.

Промисловістю багатьох країн випускається досить широкий спектр малогабаритних комбікормових установок, як серійних, так і експериментальних [1,2,3,4,5]. Нами розглянуто технічні характеристики 38 комбікормових установок та агрегатів з 12 країн світу та відмічено, що стабілізація продуктивності будь якого комбікормового підприємства пов'язана із забезпеченням безперервного й безперебійного дозування й змішування компонентів

[2,3].

Тому, однією з найважливіших проблем ефективної експлуатації комбікормових підприємств є вибір технологічної лінії дозування й змішування кормів з максимальним ступенем комплексного рішення автоматизації її роботи. При цьому варто забезпечити високу якість комбікорму, що виробляється, підвищення продуктивності й зниження енергоємності процесу.

Таким чином, удосконалення технологічного процесу змішування комбікормів з використанням швидкохідних гвинтових змішувачів із тонкошаровим динамічним змішуванням компонентів, які більшою мірою ніж існуючі змішувачі відповідають вимогам ресурсозберігаючих технологій, є актуальною задачею, вирішенню якої присвячена дана робота.

**Постановка завдання.** Метою статті є розробка напрямків удосконалювання технологічного процесу приготування комбікормів.

**Основна частина.** Аналіз літературних даних [6,7,8,9,10,11,12] показав, що є усі підстави визначити процес змішування важливим етапом отримання якісних комбікормів. Високоєфективне використання змішувача сумісно з дозатором дозволить отримати високоякісні комбікорми, які відповідають зоотехнічним вимогам рецептурного складу й однорідності суміші.

Для вирішення цього питання було розглянуто та проаналізовано понад 25 різних конструкцій змішувачів сипучих матеріалів та визначений напрямок удосконалення процесу змішування компонентів комбікормів [13,14].

В сучасних кормовиробничих підприємствах використовуються в основному потоково-технологічні лінії, які припускають застосування змішувачів безперервної дії. Дані змішувачі при простоті конструкції і малій металоємності могли б забезпечити як необхідну кількість суміші, так і досить високу продуктивність при мінімальних енерговитратах.

Для з'ясування напрямків подальшого удосконалювання технологічних процесів змішування сипучих компонентів при виробництві комбікормів проведено аналіз класифікації змішувачів [13]. Якість одержуваних комбікормів, приготовлених у змішувачах періодичної дії, звичайно вище, однак змішувачі безперервної дії більш продуктивні і краще відповідають умовам сучасного потокового виробництва [7,8]. Тому для удосконалення ми обрали змішувач безперервної дії [14,15].

По розташуванню робочих органів змішувачі можуть бути горизонтальними, похилими і вертикальними. За простотою конструктивного виконання і меншою енергоємністю ми обрали змішувач з горизонтально розташованим робочим органом.

Різноманітність виконання органів змішувачів можна звести до наступних видів: гвинтові, лопатеві, вібраційні, комбіновані, валкові, відцентрові, барабанні і ін.

У залежності від властивостей основних компонентів, що підлягають змішуванню, робочий орган змішувачів безперервної дії виконується по-різному. Так для готування комбікорму із сухих подрібнених кормів краще застосовувати робочий орган із гвинтовою поверхнею. Тому ми обрали змішувач з гвинтовим робочим органом.

Саломатін Г. [16] визначає швидкість робочого органу як визначальну величину якості змішування сипучих компонентів. При збільшенні швидкості обертання ефективність процесу змішування зростає, а час, необхідний для одержання однорідної суміші скорочується. Тому, він вважає, необхідно досягати максимальної швидкості руху часток сипучих компонентів, що змішуються.

Застосування швидкохідних гвинтових змішувачів сипучих кормів дозволяє збільшити продуктивність виробництва комбікормів без зниження їхньої якості. Об'єктом подальших досліджень тут є визначення кроку гвинта: постійний, перемінний або комбінований, а також обґрунтування форми корпусу гвинта з кришкою (кожухом), тобто зони змішування компонентів у надгвинтовому просторі (радіус або діаметр кожуха надгвинтового простору) та довжини зони дозування. Ми обрали швидкохідний гвинтовий змішувач з постійним кроком гвинта (простота конструктивного виконання) та змішуванням компонентів у надгвинтовому просторі [14,17].

Перевага змішувачів безперервної дії полягає в можливості забезпечення ефективного використання такого прийому, як попереднє сполучення потоків сипучих компонентів, які подаються у зону змішування [18]. Використовуючи попереднє сполучення потоків, можна значно збільшити продуктивність процесу. У ряді технологічних схем змішувачів безперервної дії особливої уваги заслуговують конструктивні рішення, у яких сипучі компоненти рухаються тонкими шарами.

Копейкін В.А. підкреслює [19], що змішувачі безперервної дії, які працюють за схемою подавання сипучого матеріалу тонкими шарами, володіють рядом істотних переваг у порівнянні з іншими технологічними схемами змішувачів. Основна перевага полягає в тім, що протікання процесу змішування у тонких шарах сипучого матеріалу відбувається з великою поверхнею контакту фаз. Не менш важливо, з огляду на сучасний дефіцит енергії, є те що в таких апаратах можна переробляти більші об'єми матеріалів при низьких енергетичних витратах, причому формування тонкошарового руху, організація контактування потоків порівняно просто оформляється конструктивно.

Нами розроблена схема подавання сипучого матеріалу тонкими шарами в швидкохідному гвинтовому змішувачі, яка включає гравітаційне пошарове введення компонентів тонкими шарами по дотичній в потік суміші, яка швидко обертається, причому зона введення шарів компонентів перебуває нижче центра мас потоку суміші, що обертається [20].

На рис.1 представлена схема спільної роботи шнекового змішувача й бункерного дозатора. У даній конструкції передбачена надгвинтова зона **4** з кожухом швидкохідного гвинтового змішувача, яка забезпечує створення псевдозріджених шарів сипучих компонентів і їхній швидкохідний рух зі швидкістю  $v_{cm}$  в зоні надходження тонкого шару суміші із бункера-дозатора **3** зі швидкістю  $v_b$ .

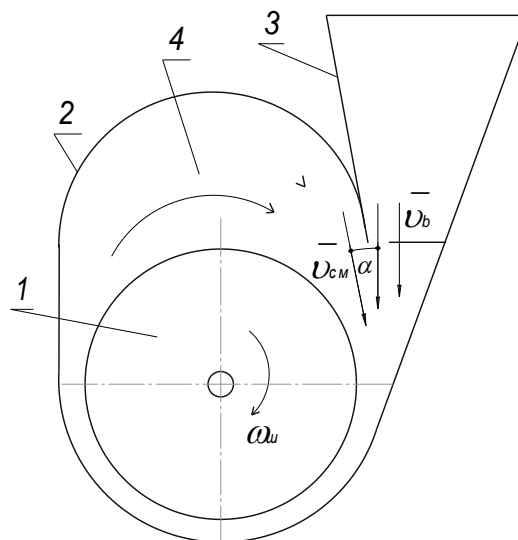


Рис.1. Схема спільної роботи шнекового змішувача й бункерного дозатора: 1 – гвинт, 2 – кожух, 3 – бункер-дозатор, 4 – надгвинтова зона.

При тонкошаровому введенні компонентів, які дозовано подаються у потік суміші, що швидко обертається, потрібно менше витрат енергії, особливо, якщо потоки мають напрямок швидкостей потоків під гострим кутом. Ще одна перевага такої конструкції шнекового змішувача при спільній роботі з дозатором є простота конструктивного виконання.

Головна умова рівномірного введення дозувальної суміші в шар, що рухається, – це створення як можна меншого кута  $\alpha$ , між напрямком швидкостей  $v_b$  і  $v_{cm}$  (рис. 1). А це можливо при спрямованому русі суміші після сходу її з робочої поверхні надгвинтового кожуха. Наприклад, щоб вектор швидкості суміші  $v_{cm}$

був спрямований під кутом  $\beta$  до горизонту, тобто як би сковзав по бічній поверхні бункера-дозатора. Причому кут  $\beta$  повинен наближатися до значення кута  $\alpha_v$  (рис. 2).

Нами визначена форма робочої поверхні надгвинтового кожуха змішувача на ділянці  $CD$  (рис. 2) в зоні завантаження у вигляді параболи, формула (1) при  $X = a$  і  $Y = b$ .

$$Y = \frac{2R_k - R_k \cos \beta}{R_k^2 \sin 2\beta} X^2. \quad (1)$$

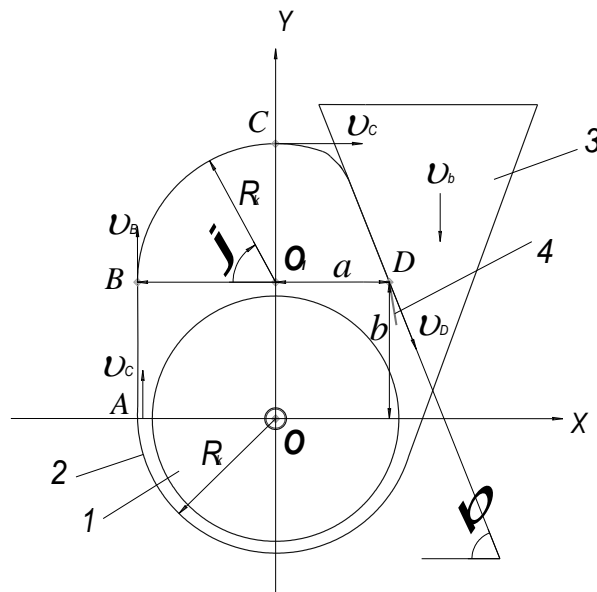


Рис. 2. Схема до визначення форми робочої поверхні кожуха змішувача у зоні завантаження: 1 – гвинт; 2 – кожух; 3 – бункер-дозатор; 4 – шторка.

З метою зменшення кута  $\alpha_v$  (рис.2) між швидкостями  $v_{cm}$  та  $v_b$  в точці  $D$ , пропонується встановити регульовальну шторку 4. Змінюючи положення шторки, можна домогтися мінімального кута  $\alpha_v \rightarrow 0$ . Тоді частки будуть ніби проникати тонкими шарами під обертові шари суміші, що вже перебувають в зоні завантаження гвинтового змішувача. Причому такий тонкошаровий рух буде сприяти витіканню сипучих компонентів через вивантажувальне вікно бункера-дозатора без утворення склепінь, чим буде досягтися більш рівномірне й дозоване перемішування компонентів суміші вже в зоні завантаження шнекового змішувача.

Для визначення координат точки  $D$  (рис. 2) кріплення шторки, яка повинна знаходитися нижче центру мас обертання суміші у надгвинтовому просторі змішувача [20], проведено геометричне моделювання для різних типорозмірів змішувачів за допомогою програмного забезпечення Maple та виявлено рівняння центру мас

$$y = -x^2 + R_k(1 + \sin \beta). \quad 2)$$

Дане рівняння дозволяє визначати координати  $x = a$  і  $y = b$  місця розташування вісі кріплення шторки для змішувачів з різним діаметром (радіусом  $R_k$ ) кожуха.

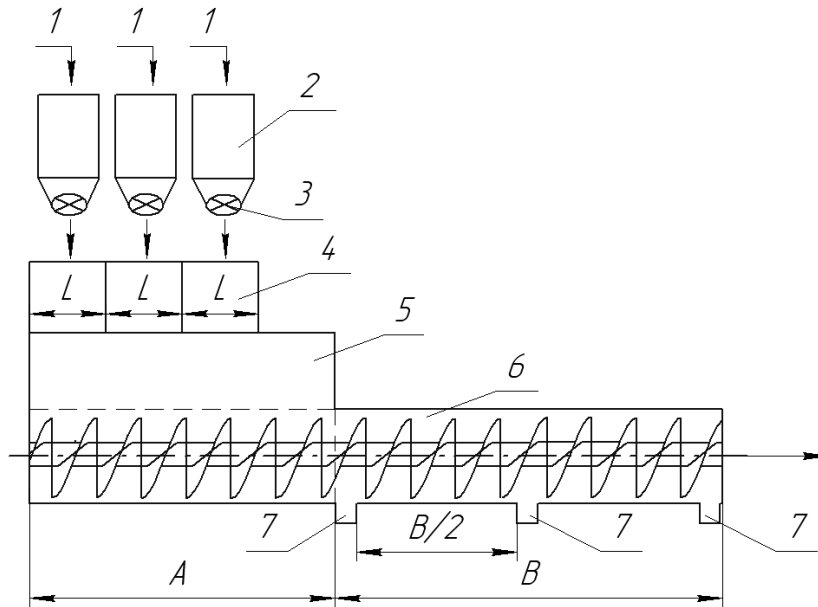


Рис. 3. Удосконалена схема технологічного процесу виробництва комбікормів: 1 – подрібнені компоненти від дробарки, добавки; 2 – бункер; 3 – дозатор; 4 – бункер-дозатор змішувача; 5 – надгвинтова зона змішування; 6 – зона транспортування; 7 – точки відбору проб;  $L$  – довжина зони дозування компоненту;  $A$  – зона дозування та змішування;  $B$  – зона транспортування.

Нами пропонується наступна удосконалена схема технологічного процесу виробництва комбікормів (рис. 3), відмінністю якою є те що операція дозування переноситься на після операції подрібнення, перед операцією змішування, яка суміщена з операцією транспортування.

**Висновки.** З вище наведеного можна відзначити наступний напрямок удосконалювання технологічного процесу приготування комбікормів:

- для змішування застосовувати гвинтові змішувачі безперервної дії;
- подавати сипучі компоненти комбікормів у зону змішування тонкими шарами;
- забезпечити основне змішування компонентів комбікормів у надгвинтовому просторі змішувача;
- забезпечити подачу тонких шарів сипучих компонентів на змішування нижче центру мас обертання суміші;

- інтенсифікувати динамічність змішування за рахунок швидкохідності гвинта.

Література.

1. *Егоров Б.В.* Комбикормовый комплект – завод на модульной основе / Б.В. Егоров и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – №4. – С. 28 – 29.
2. *Демский А.Б.* Комплектные зерноперерабатывающие установки малой мощности / Демский А.Б. – М. : Дели принт, 2004. – 264 с.
3. *Бутковский В.А.* Технологии зерноперерабатывающих производств / Бутковский В.А., Мерко А.И., Мельников Е.М. – М. : Интерграф сервис, – 1999. – 472 с.
4. *Погорілий Л.А.* Малогабаритні комбикормові агрегати за рубежом / Л.А. Погорілий, В.Х. Ясенецький // Техніка АПК. – 1997. – №4. – С. 6 – 7.
5. *Сыроватка В.И.* Производство комбикормов в хозяйствах / В.И. Сыроватка, С.Г. Карташов. – М. : Росагропромиздат, 1991. – 39 с.
6. *Эшдавлатов Э.У.* Обоснование параметров и режимов работы смесителя непрерывного действия с тепловой обработкой кормов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук спец. / Эшдавлатов Э.У. – Балашиха, 1990. – 17 с.
7. *Иванова А.П.* Интенсификация и оптимизация процесса смешивания компонентов при приготовлении сыпучих кормов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. Наук. / А.П. Иванова. – Оренбург, 2000. – 20 с.
8. *Пахомов В.И.* Обоснование и технологическое проектирование блочно-модульных внутрихозяйственных комбикормовых предприятий: дис. ... доктора техн. наук : / В.И. Пахомов. – Зерноград, 2000. – 440 с.
9. *Дмитрів Д.В.* Розробка конструкції та обґрунтування параметрів малогабаритних кормозмішувачів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. Наук. / Д.В. Дмитрів. – Тернопіль, 2001. – 20 с.
10. *Гурик О.Я.* Обґрунтування параметрів транспортерів-змішувачів сипких матеріалів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. Наук. / О.Я. Гурик. – Тернопіль, 2003. – 17 с.
11. *Ревенко І.* Комплексна оцінка варіантів приготування комбінованих кормів / І. Ревенко, Ю. Ревенко // Техніка АПК. – 2000. – № 11-12. – С. 26 – 27.
12. Построение и анализ моделей смесителей комбикормов / И.С. Нагорский, А.Д. Селезнев, А.В. Гришков, В.В. Романюк // Техника в сельском хозяйстве. – 2001. – № 1. – С. 9 – 12.
13. *Гвоздев В.О.* Класифікація змішувачів сипучих кормів, їх аналіз та вибір об'єкта модернізації / Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вип.18. Мелітополь: ТДАТА, 2004. С. 63-67.



14. Ялпачик Ф.Ю. Швидкохідний гвинтовий змішувач із тонкошаровим динамічним змішуванням компонентів, що дозуються / Ялпачик Ф.Ю., Гвоздев В.О. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Вип.2(41). Миколаївський ДАУ. Миколаїв – 2007. – С.217-219.
15. Деклараційний патент України на корисну модель №3325 “Змішувач” / Ялпачик Ф.Ю., Гвоздев В.О. Бюл. №11 від 15.11.2004 р.
16. Саломатин Г. Каким должен быть смеситель / Г. Саломатин // Комбикорма. – 2000. – № 8. – С. 27 – 28.
17. Гвоздев В.А. Обоснование конструкции шнекового смесителя при его совместной работе с дозатором./ Гвоздев В.А. Технология и механизация животноводства. Меж вуз. сб. н. тр. Вып.3. Черноград. 2005. – С. 107- 110.
18. Фомичев А.Г. Исследование и разработка аппарата для приготовления сыпучих смесей методом псевдооживления : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : / А.Г. Фомичев. – Калинин, 1975. – 18 с.
19. Копейкин В.А. Разработка, создание методов расчета и внедрение смесителя с тонкослойным движением сыпучего материала : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / В.А. Копейкин. – Ярославль, 1984. – 16 с.
20. Патент України на корисну модель №21392 “Спосіб змішування сипучих компонентів” / Ялпачик Ф.Ю., Гвоздев В.О. Бюл. №3 від 15.03.2007 р.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИГОТАВЛИВАНИЯ КОМБИКОРМОВ**

Гвоздев В.О.

**Аннотация** - статья посвящена определению направлений усовершенствования технологического процесса приготовления комбикормов с использованием быстроходного винтового смесителя.

## **PERFECTION OF TECHNOLOGICAL PROCESS of PREPARATION OF THE MIXED FODDERS**

V. Gvozdev

### **Summary**

The article is devoted to the direction finding improvement of technological process of preparation of the mixed fodders with the use of high-speed spiral mixer.

УДК 633.874.78:664.3

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ

Фучаджи Н.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619) 42–13–06

*Анотація – стаття присвячена питанням переробки олійних культур. В роботі наведено результати аналізу сучасного стану технології виробництва олії в Україні.*

*Ключові слова – олійножирова промисловість, рослинні жири, екстракція, соняшник, нерафінована олія.*

**Постановка проблеми.** Насіння олійних культур – унікальна сировина для отримання харчових та технічних олій, дешевих харчових та кормових форм білків з високими біологічними та функціональними властивостями, високим вмістом біологічно активних речовин та широким набором макро-, мікро-, та ультрамікроелементів. Рослинні олії необхідні багатьом галузям народного господарства і також можуть бути надійним джерелом валютних надходжень. Серед українських олійних культур найбільше значення для цієї мети повинні мати соняшник, ріпак та соя.

**Аналіз останніх досліджень.** За обсягом посівних площ олійні поступають лише зерновим (пшениці та ячменю). Серед олійних культур, особливо останнім часом, домінує соняшник. Його доля в структурі виробництва олійних складає понад 90%.

Україна займає одне з провідних місць серед соняшникосіючих держав, виробляючи щорічно біля 10% насіння соняшнику в світі. Взагалі, світове виробництво олійних культур має чітку тенденцію до розширення площ під олійними культурами, що зумовлено збільшенням потреби населення в харчових рослинних жирах, а тваринництва в високобілкових кормах.

**Постановка задачі.** За даними Oil World, Agra Europe, USDA та ін. обсяги щорічного світового виробництва й споживання рослинних олій до 2010 року перевищать 90млн. тонн. Відповідно до прогнозів спеціалістів темпи зростання світового виробництва тваринних жирів будуть відставати від темпів зростання попиту на жири та олії в цілому, тобто попит на рослинні олії буде зростати.

За останні роки споживання рослинних жирів у розвинутих країнах світу подвоїлося і досягло 22 кг на рік на душу населення, а в країнах ЄС – 41 кг. На жаль, в Україні цей показник зменшився і становить близько 7,6 кг на жителя.

Приведені вище показники свідчать про наявність потенціалу по збільшенню виробництва продукції олійножировій промисловості в Україні при впровадженні конкурентоспроможної апаратури та ефективних технологічних ліній.

**Основна частина.** У процесі становлення ринкових відносин в олійножировій промисловості розпочався активний процес створення підприємств малої потужності: олійниць, рафінаційних, маргаринових та майонезних цехів. Їх перевагами є максимальна територіальна наближеність до місць споживання та нижчі ціни на готову продукцію, ніж у промислових виробників.

В умовах ринку повинні отримати подальший розвиток різноманітні агропромислові формування, засновані на принципах кооперації та інтеграції:

1. агрофірми,
2. науково-промислові об'єднання,
3. фінансово-промислові групи,
4. агроконсорціуми,
5. об'єднання,
6. об'єднані підприємства,

призначені забезпечувати ефективну організацію виробництва, закупівель, транспортування, зберігання, переробки та реалізації продукції на основі взвемовигідних відносин, вивчення кон'юнктури ринку та більш повне освоєння досягнення науки, технології, передової практики.

В теперішній час існує декілька варіантів завершення технологічних схем переробки насіння олійних культур:

1. Схеми, що завершуються екстракцією:

- пряма екстракція без попереднього віджиму олії;
- екстракція з одноразовим попереднім віджимом олії на шнекових пресах;
- екстракція с дворазовим попереднім віджимом олії ,

2. Схеми, що завершуються пресуванням:

- одноразове пресування на шнекових пресах. Це традиційна схема, яка містить очистку насіння, обрушування, подрібнення, вологотеплову обробку на жаровнях, віджим олії на шнековому пресі з наступною його фільтрацією та можливою рафінацією;

- триразове пресування на шнекових пресах з двома попередніми та одним кінцевим ступенями віджиму олії.

Таблиця 1 - Виробництво та розподіл олії в Україні

Олія, тис. тон	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08
Початкові запаси	28	58	81	12
Виробництво	1 229	2 091	2 379	1 788
Крупні спеціалізовані підприємства	1 145	1 895	2 021	1 645
Середні та дрібні підприємства	84	196	358	144
Імпорт	2	0,1	0,3	0,1
<b>Загальні пропозиції</b>	<b>1 259</b>	<b>2 150</b>	<b>2 461</b>	<b>1 801</b>
Споживання	545	530	555	505
Населення	352	357	360	350
Маргарин	83	66	79	56
Майонез	97	98	108	89
Інше промислове споживання	14	9	8	10
Експорт	642	1 514	1 867	1 270
Втрати, інше	14	24	27	20
<b>Загальне розподілення</b>	<b>1 201</b>	<b>2 068</b>	<b>2 449</b>	<b>1 795</b>
Кінцеві залишки	58	81	12	6
Відношення запасів до розподілення	4,9%	3,9%	0,5%	0,3%
Споживання олії всього на люд. в рік, кг	11,5	11,3	9,7	7,6

Основним способом переробки насіння соняшника на великих промислових підприємствах є екстракційний, за якого олію добувають методом механічного тиску з дальшою екстракцією розчинником. Технологічна ж схема міні-олійниць ґрунтується на пресовому методі. Це означає, що основним обладнанням є, зазвичай, шнековий або гідравлічний прес.

Останнім часом широке поширення одержав екструдерний метод віджиму олії з необрушеного насіння соняшника. Маючи ряд переваг: простота пристрою, відсутність волого-теплової обробки насіння, віджим олії при порівняно низьких температурах (60-70 °С). Даний спосіб має такий істотний недолік, як одержання високолушпинної макухи з низькою поживною цінністю.

На рис.1 представлена технологічна схема експериментальної лінії переробки олійного насіння, яка забезпечує:

– одержання високоякісної олії, білкового і лушпинного порошоків з нешеретованого насіння високоолійних сортів і гібридів соняшнику, дрібнонасіньових культур (льону, гірчиці, ріпаку, ріжю, кунжуту), насіння баштанних та інших олійних культур;

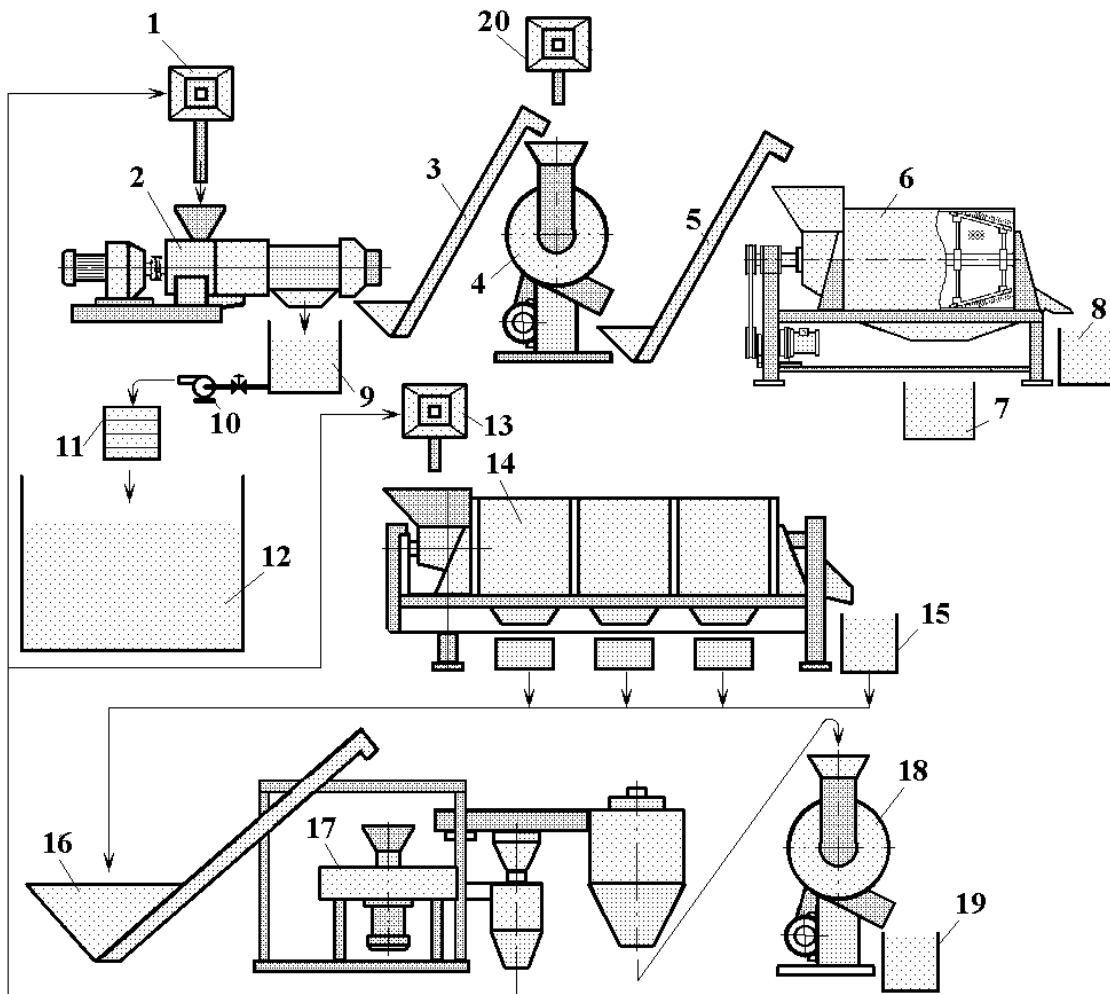


Рис.1. Технологічна схема експериментальної лінії переробки насіння олійних культур:

1 – живильник; 2 – прес-екструдер; 3 – живильник; 4 – подрібнювач макухи; 5 – живильник; 6 – просіювач; 7 – приймач білкового порошку; 8 – приймач лушпинного порошку; 9 – приймальна ємкість для олії; 10 – насос; 11 – фільтр; 12 – накопичувальна ємкість для олії; 13 – живильник; 14 – калібратор насіння; 15 – приймач відкаліброваного насіння; 16 – живильник; 17 – відцентрова насіннерушка; 18 – подрібнювач лушпиння; 19 – приймач подрібненого лушпиння; 20 – живильник

- одержання вищенаведених продуктів переробки з шеретованих високоолійних сортів і гібридів насіння соняшнику;
- одержання ядра, олії, білкового і лушпинних порошоків з кондитерських сортів насіння соняшнику.

З метою поліпшення якості олії при переробці високоолійних сортів і гібридів насіння соняшника в технологічній лінії передбачене обрушення насіння, яке здійснюється на відцентровій насіннерушці 17. При цьому очищене від сторонніх домішок насіння соняшника завантажується в живильник 16, звідки подається в насіннерушку 17, де відбувається процес відділення лушпиння від ядра. У процесі обрушення, утворюється рушанка, яка складається з ядра, ціляка, недоруша, крупки, борошенця і лушпиння. Лушпиння після обрушення подається на подрібнення для подальшого використання в якості корму для ВРХ. Інші компоненти рушанки направляються в живильник 1 для подальшої переробки за вищенаведеною технологією.

Кінцевим продуктом пресування є нерафінована олія. Досить часто вона реалізується на ринку на розлив, оскільки має попит у малозабезпечених верств населення та в осіб, що віддають перевагу її смаковим якостям. Нерафінована олія містить корисні для людини фосфоліпиди та антиоксиданти, але має обмежений термін зберігання. В умовах надлишкової пропозиції продукту на внутрішньому ринку подовження терміну зберігання є істотним чинником забезпечення конкурентоспроможності продукції міні-олійниць.

Для лави підгалузей харчової промисловості перспективною може стати двостадійна технологія: виробництво на невеликих підприємствах напівфабрикатів, які б добре зберігалися і транспортувалися, а в міжсезонний період – їх переробка на спеціалізованих підприємствах в готову продукцію.

**Висновок.** Характерною ознакою вітчизняного масложирового виробництва, стримуючою забезпечення, зокрема, потреби в дезодорованій, рафінованій рослинній олії, розфасованій в зручну упаковку, виступає майже повна відсутність відповідного устаткування. Отже, як вітчизняний ринок рослинної олії, так і його імпортери, переважно отримують неочищений продукт в мало придатних для нього ємкостях. Тим часом необхідно підкреслити, що західноєвропейські і турецькі фірми відповідної продуктивної спрямованості це цілком влаштовує – з огляду на те, що вони мають значну вигоду від доопрацювання цього продукту.

Реалізовуючи на зовнішньому ринку «сиру» рослинну олію, Україна втрачає ваговиту частку валютних ресурсів, оскільки різниця в цінах на таку олію і на доведену до необхідної кондиції, розфасовану і повернену імпортерами на український ринок, істотна.

#### Література

1. *Ихно Н.П.* О рентабельности глубокой переработки семян подсолнечника. / Н.П. Ихно // Олійно-жировий комплекс – 2005. – № 2(9). –С. 48 –49.
2. *Кичигин В.П.* Технология и технический контроль производства растительных масел / В.П. Кичигин // Учебник. - М.: Пищевая пр-сть, 1976.-358с

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МАСЛА**

Фучаджи Н.О.

**Аннотація** - Стаття посвящена вопросом переработки масляных культур. В работе приведены результаты анализа современного состояния технологии производства масла в Украине.

### **MODERN STATE AND PROSPECTS OF IMPROVEMENT OF OIL PRODUCTION TECHNIQUE AND TECHNOLOGY**

N. Fuchadzhi

#### **Summary**

The article is devoted to the questions of oil-bearing cultures processing. The results of analysis of the modern state of oil production technology in Ukraine are described.

УДК.637.1.024.001.24

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ФОРМИ ОТВОРІВ У ПОРШНІ-УДАРНИКУ ГОМОГЕНІЗАТОРА ЗБУРЮЮЧОГО ТИПУ**

Пархоменко В.Д., к.т.н.,

Пархоменко А.П., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел/факс (0619)42-13-06

**Анотація** – Робота присвячена шляху інтенсифікації процесу гомогенізації молока на гомогенізаторі збурюючого типу та відмічена перспектива збільшення продуктивності машини без додаткових енерговитрат.

**Ключові слова** – гомогенізатор збурюючого типу, конструкція, технологічні розрахунки, параметри, продуктивність, потужність.

**Постанова проблеми.** Особливу роль серед продуктів харчування людини займає продукція, яка виробляється з молока. Розвиток технології переробки молока і виробництва молочних продуктів визначається рівнем науково – технічного потенціалу країни та його сировинною базою. У свою чергу, впровадження нових технологій спрямоване на формування оптимального асортименту молочних продуктів, зниження витрат на їх виготовлення та реалізацію при збереженні або підвищенні рівня економічності виробництва [1].

У вирішенні цієї проблеми, головне правильно, на науковій основі керувати виробничим процесом, бо якість молочної продукції напряму залежить не тільки від якості самого молока, а зокрема від якості його обробки, тому одним із шляхів підвищення попиту населення на молочну продукцію є - зменшення її собівартості, за рахунок створення нового обладнання для переробних підприємств - малої металоємності та енергоємності, також простим у виготовленні та обслуговуванні.

**Аналіз основних досліджень.** Сутність процесу гомогенізації полягає в дробленні часток дисперсної фази рідини до розмірів, рівних декільком мікрометрам і їх рівномірному розподілі в її просторі [2]. Стосовно гомогенізації емульсій молока це означає, що жирові кульки молока дробляться, а частки, що утворилися, перемішуються з навколишнім середовищем в масштабах порядку їх



розмірів. Це ілюструє зв'язок двоєдиного процесу дроблення часток і їх перемішування в дисперсійному середовищі.

В результаті аналізу факторів впливу на процес гомогенізації молока, було встановлено, що суттєво впливають: температура молока, тиск який утворюється в процесі обробки, кратність обробки, частота коливань поршня. Оптимальний вибір режиму обробки підвищить ступінь гомогенізації, та відповідно якість кінцевого продукту. [2,3]

На основі огляду існуючих теорії механізмів гомогенізації, виявлено що найбільш економічним є гомогенізатор, де процес дроблення часток рідин відбувається за рахунок збурювання середовища.

**Формування цілей статті та постановка задач.** В результаті аналізу недоліків існуючих конструкцій гомогенізаторів було поставлене рішення – створити гомогенізатор збурюючого типу, який маючи просту конструкцію і малу металоемність реалізує процес гомогенізації молока з мінімальними витратами електроенергії.

**Основна частина.** Математична модель дроблення часток ударними збурюваннями визначається формами, що зв'язують збурювання тиску та швидкість середовища.

Збурювання тиску за формулою, справедливої при  $t > 0$

$$P(t) = P_0 \cdot e^{-at}, \text{ Па} \quad (1)$$

де  $P_0$  - збурювання тиску у фронті ударної хвилі, Па;

$a$  – постійна;

$t$  - час збурювання, год.

Збурювання швидкості  $U(t)$  у дисперсійному середовищі для ударних збурювань визначаються за формулою

$$U(t) = \frac{P_0 \cdot e^{-at}}{\rho_c \cdot c}, \text{ м/с} \quad (2)$$

де  $\rho_c, c$  - відповідно щільність ( $\text{кг/м}^3$ ) і швидкість звуку ( $\text{м/с}$ ) у дисперсійному середовищі;

$g = 9,8$  - прискорення сили тяжіння,  $\text{м/с}^2$ .

Швидкість частки  $V(t)$ , що захоплюється потоком дисперсійного середовища знаходиться інтегруванням вираження для прискорення частки під дією сили лобового опору обтікання. [4,5]. Цей вираз записується на підставі другого закону Ньютона у форм

$$\frac{dV(t)}{dt} = \frac{3}{8} \cdot c_x \cdot \frac{[U(t) - V(t)] \cdot U(t) - V(t)}{r_y(t)}, \quad (3)$$

де  $c_x$  - коефіцієнт лобового опору частки. Для сферичної частки  $c_x = 1$ ;

$r(t)$  - залежний від часу радіус частки, м.

Це рівняння інтегрується при початковій умові  $V = V_0$  при  $t=0$ .

З виразу критерія Вебера, наданого раніше, задавши його значення рівним критичному, знаходять величину радіуса частки, при перевищуванні якої відбувається дроблення частки.

$$r(t) = \frac{We_{кр} \cdot \sigma}{[U(t) - V(t)]^2 \cdot \rho_c}, \text{ м} \quad (4)$$

Якщо фактичний радіус частки  $r(t)$  більше критичного, тобто  $r(t) > r_{кр}$ , відбувається здування мікрочастинок з поверхні крапель і продовжується доти, поки ця рівність перестане виконуватися. [4,5]. При цьому із частки буде зірвана маса рідини  $m(t)$ , рівна різниці мас

$$m(t) = \frac{3}{4} \cdot \pi \cdot [r^3(t) - r_{кр}^3(t)] \cdot \rho, \text{ кг} \quad (5)$$

де  $\rho$  - щільність частки, кг/м<sup>3</sup>.

Наприкінці цього процесу поточний радіус частки стане рівним критичному, тобто  $r(t) = r_{кр}(t)$ .

Якщо фактичний радіус частки  $r(t)$  не більше критичного, зриву мікрочастинок не відбувається, фактичний радіус частки не змінюється, маса частки не зменшується, тобто  $m(t) = 0$ . [4,5].

Розрахунок по даному алгоритмі триває доти, поки поточний радіус частки не зменшиться до заданого мінімального значення  $r_{min}$  або до припинення дроблення збурюваннями (до відсутності дроблення протягом розглянутої частини періоду збурювань).

У поршні-ударнику гомогенізатора збурюючого типу витік рідини може відбуватися з отворів, які мають різні геометричні форми (рис.1), що впливають на техніко-економічні показники машини.

Формулу для визначення швидкості струмка можна отримати з формули Бернуллі

$$H = \alpha \frac{V_{cp}^2}{2g} + \left( \xi_c + \xi_p + \lambda \frac{S}{\lambda_0} \right) \cdot \frac{V_{cp}^2}{2g}, \quad (6)$$

де  $d$  - діаметр отвору, м

$V_{cp}$  - середня швидкість струму, м/с

$g$  - прискорення сили тяжіння,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$

$\xi_c$  - коефіцієнт створення опору при звуженню струму;

$\xi_p$  - коефіцієнт створення опору при розширенні струму;

$S$  - довжина ділянки при котрій перетині струмка дорівнюється до перетину отвору, м

$\lambda_0$  - коефіцієнт втрат напору на вході в отвір;

$\lambda$  - коефіцієнт втрат напору на виході з отвору

Тобто

$$\xi = \xi_c + \xi_p + \lambda \frac{S}{\lambda_0}, \quad (7)$$

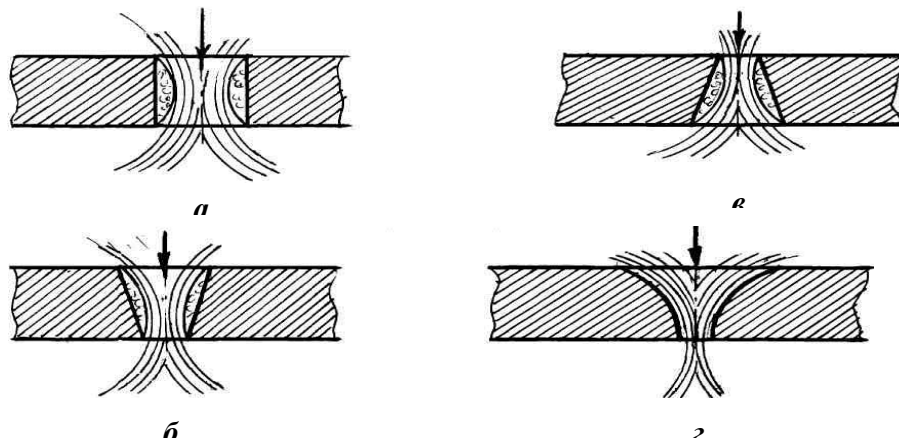


Рис.1. Схема отворів: а) - циліндричної форми; б) - зворотного усіченого конусу; в) - прямого усіченого конусу; г) - коноїдальної форми у поршні-ударнику гомогенізатора збурюючого типу

де  $\zeta$  - коефіцієнт опору; при  $\lambda = 1$  тоді

$$V_{cp} = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}} \sqrt{2gH}, \quad (8)$$

Швидкісний коефіцієнт отвору циліндричної форми складе  $\varphi = 0,82$ .

Тоді продуктивність гомогенізатора збурюючого типу з поршнем-ударником, при інших рівних вимогах буде мати

$$Q_H = \mu_n \omega_0 \sqrt{2qH}, \quad (9)$$

де  $\mu_n$  - коефіцієнт витрат

$$\mu_n = \varepsilon \cdot \varphi, \quad (10)$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт звуження струменя

$\varphi$  - коефіцієнт швидкості;

$\omega_0$  - площа отворів на вході в них струму,  $m^2$ .

Отвори циліндричної форми. При входженні рідини в отвір (рис. 1. а), за рахунок сил інерції часток рідини, відбувається звуження її струмка. Тоді, на виході з отвору струм стає рівним його діаметру[6].

При такій формі отвору коефіцієнт створення опору рідини у середині отвору більше, ніж на виході з отвору, так як в середині відбуваються втрати за рахунок вакууму, який утворюється в наслідок між стінками отвору та струмком.

При напорі більш критичного значення абсолютний тиск в місці звуження струму в отворі досягає тиску пароутворення, що сполучає виникненню кавітації.

У отворах, які мають форму зворотного усіченого конусу (рис.1 б), при звуженні струменя на виході з отвору, вакуумні утворення

трохи менших розмірів, чим у циліндричних отворах, тому і втрата напорю менша, а швидкість витікання рідини з них більша.

У отворах, які мають форму прямого усіченого конусу (рис.1 в), при звуженні струменя на виході з отвору утворюються значні вакуумні порожнечі, що значно погіршують показники витікання струменя.

У отворах, які мають форму коноїдальної форми (рис.1 г), тобто отворах, які виконані у формі стиснутого струменя, не утворюється вакуумних порожнеч. Отже всі коефіцієнти витіканні будуть максимальні тобто швидкість витікання рідини найбільша, а звідси і продуктивність буде найбільша, де коефіцієнт стиску струменя найбільший при якому коефіцієнт кавітації буде найвищим (при рівних умовах роботи).

В таблиці 1 приведені значення коефіцієнта витікання рідини для розглянутих форм отворів у поршні-ударнику гомогенізатора збурюючого типу.

З аналізу слідує, що для збільшення ефективності роботи гомогенізатора збурюючого типу необхідно використовувати коноїдальну форму отворів.

Таблиця 1 - Значення коефіцієнтів витікання рідини для розглянутих форм отворів у поршні-ударнику гомогенізатора збурюючого типу

Тип форми отвору	$\epsilon$	$\xi$	$\phi$	$\mu$
Циліндрична	0,54	0,5	0,82	0,82
Зворотного усіченого конусу	0,99	1,0	0,96	0,94
Прямого усіченого конусу	0,98	3,35	0,48	0,87
Коніодальної форми	1,0	0,06	0,97	0,97

**Висновки.** 1 Представлена модель дроблення жирових часток збурюваннями навколишнього середовища, а саме дисперсійного середовища, захоплює в рух жирову частку й з урахуванням цього формує відносний рух середовища й частки.

2. Математична модель дроблення часток ударним збурюванням визначається заданням форми ударних збурювань і залежностями, що зв'язує збурювання тиску та швидкість середовища. Запропонована методика проектування гомогенізатора збурюючого типу показала про його перспективність застосування при гомогенізації молочних продуктів та мінімальній питомій його роботі.

3 У поршні-ударнику гомогенізатора збурюючого типу витік рідини може відбуватися з отворів, які мають різні геометричні форми, що впливають на техніко-економічні показники машини. З аналізу випливає, що для збільшення ефективності роботи гомогенізатора

збурюючого типу необхідно використовувати коноїдальну форму отворів.

#### Література

1. *Машкін М.І.* Технологія виробництва молока і молочних продуктів / М.І. Машкін, Н.М. Париш // Навчальне видання.- К.: Вища освіта, 2006.-351 с.
2. *Давидов Р.Б.* Молоко и молочное дело / Р.Б. Давидов. М., Издательство «Колос», 1964-328 с.
3. *Лукьянов Н.Я.* Оборудование предприятий молочной промышленности-2-е изд. / Н.Я. Лукьянов, Н.В. Барановський. - М.: Пищевая промышленность, 1968.
4. *Фофанов Ю.С.* Исследование влияния механических колебаний на дисперсное состояние жировых шариков молока при сепарировании и гомогенизации: дис. канд. тех. наук./ Ю.С. Фофанов. - М.: 1966. – 190 с.
5. *Орешина М.Н.* Разработка импульсного гомогенизатора на основе исследований дробления жировых шариков молока: Дис...канд.тех.наук. / М.Н. Орешина. – Орел, 2001.-136 с.
6. *Карасев Б.В.* Основы гидравлики, гидравлические машины и сельскохозяйственное водоснабжение / Б.В. Карасев.-Минск «Урожай», 1965. – 298 с.

### **ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ФОРМИ ОТВОРІВ У ПОРШНІ-УДАРНИКУ ГОМОГЕНІЗАТОРА ЗБУРЮЮЧОГО ТИПУ**

Пархоменко В.Д., Пархоменко А.П.

**Анотація** – Робота присвячена шляху інтенсифікації процесу гомогенізації молока на гомогенізаторі збурюючого типу та відмічена перспектива збільшення продуктивності машини без додаткових енерговитрат.

### **THEORETICAL BASIS OF SHAPE OF OPENINGS IN THE PISTON-SHOCK-WORKER OF IMPACT HOMOGENIZATOR**

V. Parhomenko, A. Parhomenko

#### *Summary*

**Work deals with the way of intensification of process of milk homogenization on impact homogenizator and the prospect of increasing productivity of machine without additional power inputs is marked.**

---

УДК 631.22:628.6

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПРАЦІ В ТВАРИННИЦТВІ РЕФОРМОВАНИХ ГОСПОДАРСТВ

Бутко Д.А., к.т.н.

Циб В.Г., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(06192) 42-12-84

**Анотація** – у статті наведено методику прогнозування ефективності заходів з охорони праці.

**Ключові слова** – модель, травма і працездатність, безпечність, надійність, оператор.

**Постановка проблеми.** В системі управління охороною праці в тваринницькому технологічному комплексі АПК, яка є дуже складною, велике значення мають оцінка і прогноз ефективності планових заходів.

В сучасному виробництві найбільш поширеним методом є метод аналогій на основі досвіду і інтуїції.

Програму вирішення задачі управління безпекою праці можна розглядати, як результат взаємодії оператора і машини:

$$k_T = \varphi + (1 - \varphi) \cdot k \quad (1)$$

де  $k_T$  - показник безпеки праці;

$\varphi$  – надійність оператора;

$k$  – показник безпечності обладнання.

Всі показники мають імовірну основу і шкалу вимірювання від 0 до 1.

Структура моделі управління має дві основні гілки (Рис.1):

–перша відображає шлях зміни надійності роботи оператора від заданого значення, вплив інструкції з охорони праці, умов праці і індивідуальних якостей самого оператора;

–друга відображає зміну показника безпечності машини, вплив на нього вимог безпеки до конструкції, монтажу і умов експлуатації.

Окремі блоки мають зворотній зв'язок, що відображає вплив наглядових органів. Зворотній зв'язок здійснюється через блок “аналізу”, являється універсальним, в нього поступає інформація з виходів всіх блоків, його дія можлива також на любий блок.

**Аналіз останніх досліджень.** Найбільш поширеним методом



- по-перше, в якості вхідного  $k_i$  і вихідного  $k_{i+1}$  сигналів на всіх блоках використовується безрозмірний сигнал, що полегшує в значній мірі синтез системи;

- по-друге, застосовано нормування передаточних чисел блоків системи  $f_i$  і самого сигналу.

Нормування припускає оцінку ефективності всіх служб, що складають гілки системи і зміну самого сигналу в межах від 0 до 1. На вхід системи подається сигнал (показник БТ  $k_1$ ) що має єдино соціально-оправдане значення, що дорівнює 1.

В подальшому після проходження через блоки він одержує своє реальне значення в блоці “оператор-машина”. Результат функціонування всієї системи охорони праці в кінцевому рахунку виражається його значенням.

Значення показника при проходженні через один із блоків змінюється в відповідності з передаточним числом блока:

$$k_{i+1} = f_i \cdot k_i. \quad (2)$$

Послідовно з'єднаних два блока трансформують сигнал у відповідності із значеннями їх передаточних чисел

$$k_{i+2} = f_{i+1} \cdot k_{i+1} = f_{i+1} \cdot f_i \cdot k_i. \quad (3)$$

При проходженні сигналу через декількох послідовно з'єднаних блоків

$$k_{i+n} = k_i \cdot \overset{n}{\prod} f_i. \quad (4)$$

Із цього витікає, що збільшення числа послідовно з'єднаних блоків приводить до зниження показника, тому що значення ефективності кожного із блоків менше 1 (добуток чисел, менших 1 не може бути більше найменшого із співмножників).

Якщо блок має зворотній зв'язок через інший блок, то на вхід першого подається два сигнали.

$$k_{i+1} = f_i(k_i + f_i \cdot k_{i+1}),$$

де  $f_i$  - передаточне число блока, встановленого в зворотному зв'язку.

Тоді після простих перетворювань одержимо

$$k_{i+1} = k_i \cdot \frac{f_i}{1 - f_i \cdot f_i}. \quad (4)$$

Але в цій моделі найчастіше існує другий тип зворотнього зв'язку, заснований на тому, що на вхід основного блоку зі сторони зворотнього зв'язку подається сигнал, пропорційний різниці між сигналами на вході і виході блока.

Наприклад, сигнал, поданий машино-випробуванням, визначається різницею між технічними умовами (або вимогами



безпеки) і якістю машини, випущеною підприємством – виготовлювачем.

Тоді сигнал, поданий підприємством – виготовлювачем машини (обладнання) на вході блоку “виготовлення” визначається залежністю:

$$k_{\gamma} = (k_i - k_{i+1})f_{\gamma},$$

а показник безпеки на виході із підприємства – виготовлювача з урахуванням впливу цього підприємства визначається після вирішення рівняння:

$$k_{i+1} = f_i \cdot [k_i + (k_i - k_{i+1}) \cdot f_{\gamma}]$$

Виконавши прості перетворення, одержимо

$$k_{i+1} = f_i \cdot \frac{1 + f_{\gamma}}{1 + f_i \cdot f_{\gamma}} \cdot k_i, \quad (5)$$

При ефективності роботи підприємства – виготовлювача  $f_{\gamma} = 0$ , а рівняння (5) перетворюється в рівняння (2), що характерно для звичайного вузла.

Друга ситуація: підприємство – виготовлювач машини (обладнання) випускає їх (його) таким, що повністю відповідає технічній документації, тобто  $f_{\gamma} = 1$ . Тоді рівняння (3) матиме наступний вид:

$$k_{i+1} = k_{\gamma} \cdot \frac{1 + f_{\gamma}}{1 + f_{\gamma}}$$

Вид цього рівняння підтверджує, що при будь-якій ефективності необхідність в машино-випробуванні зникає.

При відомих показниках ефективності кожного блоку можна розрахувати показник безпеки праці.

По знайденому показнику травматизму надається можливість розрахувати динаміку травматизму при впровадженні нової машини (обладнання). Для цього необхідні додаткові відомості про програму випуску нової машини (обладнання), термін її служби, програму випуску операторів, а також термін їх перепідготовки.

Кількість травмованих на машинах (обладнанні) визначається по наступній формулі:

$$a(t, \tau) = \alpha [1 - k_{\tau}(t, \tau)] \cdot n(t, \tau), \quad (6)$$

де  $\tau$  - число машин (обладнання) випущених в розглядаємому періоді;

$k_{\tau}(t, \tau)$  - показник безпеки праці;

$a(t, \tau)$  - число травмованих на машинах (обладнанні);

$\alpha$  - коефіцієнт відповідності між числом небезпечних ситуацій і потоком травм в одиницю часу.

Поточне число травмованих по всім партіям за відрізок часу визначиться їх складанням.

$$\dot{A}(t) = \int_{0, t-T}^t \alpha(t, \tau) d\tau, \quad (7)$$

де  $T$  – строк служби машини (обладнання).

В формулі (7) нижня межа інтегрування до значення перемінної приймається рівною 0, а при  $t > T = t - T$ .

Для прикладу наведемо криву зміни травматизму при впровадженні нової машини (обладнання), при наступних вихідних даних:

а)  $f_2 \times f_3 \times f_7 = 0,6$ ; всі останні числа  $f_i = 0,98$ ;

б) тимчасові затримки, що обумовлені терміном проходження сигналу через блок  $\tau_3 = 0$ , враховується навченість оператора  $t_4$ ; термін виготовлення машини,  $t_{14}$ ; монтаж машини,  $t_{15}$ ; термін випробування,  $t_{17}$ . При цьому  $t_4 = t_{14} = t_{15} = t_{17} = 0,5$  року.

в) середній строк служби машини (обладнання) прийнято 5 років.

Річний випуск машин (обладнання) складає 1000 штук/рік.

Коефіцієнт відповідності між кількістю небезпечних ситуацій і кількістю травмованих  $\alpha = 1$ .

Розрахунок динаміки травматизму представлено на рис.2.

Система управління безпекою праці може бути реалізована при розробці теорій і методик:

- впливу навченості операторів, умов праці, соціально-економічних факторів і психофізіологічних даних операторів на їх надійність;

- ефективності служб управління і нагляду;

- безпечності машин на стадіях випробування і експлуатації;

- ефективності впливу підприємств-виготовлювачів на безпеку машини.

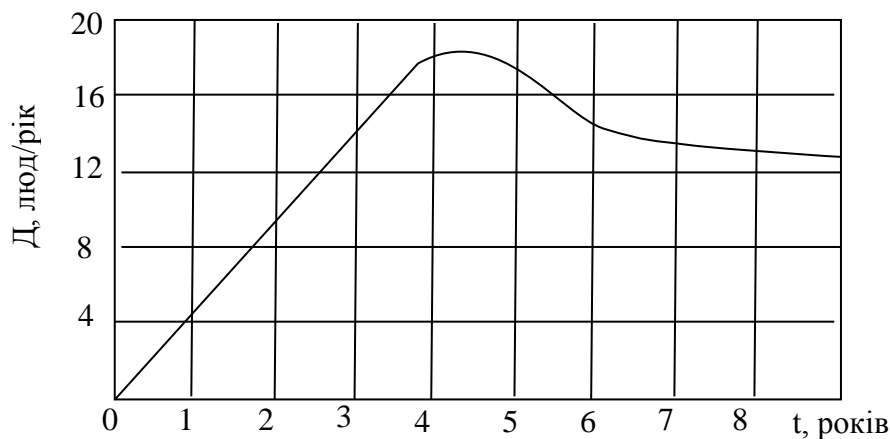


Рис. 2. Динаміка травматизму по даним прикладу

Всі методики оцінки і самі результати повинні мати статистичний характер і шкалу оцінки від 0 до 1. При цьому, повинна бути проведена класифікація машин, документації операторів і служб, а вихідний матеріал представлено в виді значень показника ефективності і-го блоку в відповідності з класифікацією.

Використання математичної моделі системи управління безпекою праці дозволяє вирішувати задачу раціонального використання матеріальних коштів, що виділяються на охорону праці.

**Висновки.** Запропонований метод розрахунку ефективності заходів по підвищенню безпеки праці основане на засадах врахування основних шляхів формування системи “оператор-машина (обладнання)”

#### Література

1. Рекомендації відносно побудови, впровадження і поліпшення СУОП “Наказ Держгіпромнагляду №35 від 22.02.08”.
2. *Бутко Д.А.* Організація охорони праці в сільському господарстві / Д.А. Бутко, В.Л. Луценко, С.Д. Мазілін, М.Т. Воїнов. – Сімферополь: “Бізнес-Інформ”, 1998.-368с.
3. *Бутко Д.А.* Безпека технологічних процесів при ремонті і технічному обслуговуванні машин та обладнання АПК / Д.А. Бутко, В.Л. Луценко, М.Т. Воїнов. – Сімферополь: “Бізнес-Інформ”, 1999.-328с.

### **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУДА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ РЕФОРМИРОВАННЫХ ХОЗЯЙСТВ**

Бутко Д.А., Циб В.Г.

**Аннотація** - в статті приведена методика прогнозування ефективності заходів з охорони праці.

### **SOME ASPECTS OF LABOUR SAFETY MANAGEMENT IN STOCK-RAISING OF THE REFORMED ECONOMIES**

D. Butko, V. Tsib

#### *Summary*

**It the article the method of prognostication of efficiency of labour protection measures is given.**

УДК 631.3: 664.7

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОЇ ЛУЩИЛЬНОЇ МАШИНИ**

Олексієнко В.О., к.т.н.,

Фучаджи Н.О., к.т.н.,

Коваленко О.О., магістрант

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**Анотація** - в роботі розглянуто методи імітаційного моделювання для визначення раціональних параметрів і режимів роботи відцентрової лушпильної машини.

**Ключові слова** – лушпильні машини, зернівка, робочий орган, швидкість удару, дека.

**Постановка проблеми.** Насіння олійних культур, якщо їх розглядати з точки зору технології переробки, складаються з ядра і оболонки, між якими є повітряний прошарок різної товщини. У більшості насіння є тільки насіннева оболонка, у деяких культур (соняшник) є і насіннева і плодова оболонки, відповідно і два повітряні прошарки.

Склад і поживна цінність ядра і оболонки різні. Ядро містить такі цінні групи речовин, як ліпіди і протеїни. У оболонці знаходиться значна кількість безазотистих речовин і клітковини, ліпідів усього не більше 2 %. До того ж в ліпідах оболонки міститься багато вільних жирних кислот, воску, воскоподібних речовин. В процесі отримання масла вони можуть переходити в продукт і тим самим погіршувати його якість. У зв'язку з цим оболонку необхідно видаляти.

Кількість оболонки значно впливає на якісні характеристики олії. Наприклад, з експериментальних даних для соняшnikової олії можна зробити висновок, що чим більше лушпиння містить ядро, тим вище кислотне число отриманої олії, вміст продуктів окислення і необмилюваних речовин.

Підвищення вмісту лузги негативно впливає на товарний вид, смак, запах, колір, прозорість.

Збільшення вмісту оболонки в ядрі, що переробляється, погіршує якість шроту в результаті збагачення його клітковиною і безазотисто - екстрактними речовинами.

Оболонка, будучи легше, ніж ядро, зменшує відсоток використання корисного об'єму виробничого устаткування, що знижує його продуктивність. Так, при збільшенні вмісту лузги в рушанці з 3

до 8 % виробництво форпресового і екстракційного цехів зменшується приблизно на 10 %.

Таблиця 1 - Вплив вмісту лузги на якісні показники соняшникової олії

Показник якості	Вміст лузги, відсотки			
	0 (ядро)	10 (рушанка)	21,5 (насіння)	100 (лузга)
Маслянистість, відсотки	59,70	55,65	47,21	2,00
Кислотне число, мг КОН/г	0,55	0,73	0,87	23,13
Вміст необмилюваних речовин, відсотки	0,41	1,77	1,85	10,52
Вміст продуктів окислення, відсотки	0,36	0,55	0,68	1,80

Значний вміст щільної оболонки в ядрі перешкоджає його подрібненню до заданих розмірів. Із збільшенням кількості лушпиння зростають втрати олії. Лушпиння має пористу структуру, тому легко поглинає масло на всіх стадіях, важко віддає його в процесі пресування і навіть екстракції, в результаті чого частина олії залишається в макусі і шроті.

**Аналіз останніх досліджень.** Визначення напрямків розвитку наукового потенціалу галузі переробки насіння належить вченим Я.Н. Куприці, Є.М.Мельникову, М.Є.Гінзбургу, Є.Н.Грінбергу, якими створені наукові школи по рішенню практичних і теоретичних проблем удосконалення технологій виробництва круп. Основним напрямком вдосконалення засобів механізації для очищення ядра насіння від лузги є створення нових робочих органів ударної дії.

**Постановка задачі.** Перспективними для застосування в лініях переробки олійних культур є лушпильні машини відцентрової дії, які більш повно відповідають вимогам ресурсозберігаючих технологій, коли параметри робочих органів та режими їх роботи належно вибрані. Робочими органами таких машин є диск з напрямними лопатками (трубками) та дека Ротор приводиться в рух від електродвигуна через варіатор. Зерно із живильного бункера самопливом поступає в стакан і трубки ротора. Від дії відцентрової сили зернівки в трубках розганяються від початкової швидкості до швидкості, достатньої для лушчення зерна його ударом об нерухому деку.

Метод розрахунку робочих органів відцентрових машин в даний час розроблено для конструкції ротора з прямолінійним радіальним

лопатками (трубками) [1, 5]. Він ґрунтується на математичному опису руху насіння по лопатках ротора та експериментальних даних, які встановлюють зв'язок між кінетичними параметрами руху (швидкістю і напрямком удару) із показниками якості і енергоємністю процесу лушення. Для лушення ударом деяких видів культур експериментально доведено, що оптимальним є прямий удар, при цьому енергоємність процесу та швидкість лушення, при яких руйнується оболонка і зберігається цілим ядро, суттєво залежать від виду і сорту культури, вологості насіння.

**Основна частина.** Задача оптимізації лущильної машини формулюється у вигляді мінімаксної задачі з критеріальними і параметричними обмеженнями:

$$\max_t \hat{O}_j \rightarrow \min_{\rho_2} \quad (1)$$

$$j = 1, 2, \dots, l; i = 1, 2, \dots, n; t \in \tau$$

при обмеженнях:

$$\rho'_i \leq \rho_i \leq \rho''_i, \frac{1}{2} \dots i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\hat{O}_v \leq \check{O}_v, \dots v = 1, 2, \dots, k, \quad (3)$$

де  $\rho_i$  - параметри системи, які підлягають визначенню;

$\rho'_i, \rho''_i$  - гранично допустимі значення параметрів;

$\hat{O}_v$  - функції цілі;

$\check{O}_v$  - гранично допустимі значення критеріїв;

$\tau$  - час виконання технологічного процесу.

Функції цілі визначаються інтегруванням системи диференціальних рівнянь (3, 4), критеріальні і параметричні обмеження (2) деталізуються на етапі розробки конструкторської документації. Задача (1) вирішується ЛП-методом [1, 4] в режимі діалогу конструктора ПЕОМ з застосуванням прикладного пакета програм Mathcad, або Matlab.

Для визначення оптимальних параметрів лущильної машини, в якості функції цілі вибрали величину кута відхилення абсолютної швидкості  $\beta_A$  від нормалі до деки в точці удару.

Задача оптимізації робочого органу лущильної машини приводиться до вигляду:

$$\beta_A \rightarrow \min_{j, r_0, x_0, y_0, r_B, \dots, \omega}, q \rightarrow \min_{j, r_0, x_0, y_0, r_B, \dots, \omega},$$

$$P_f(r_0) \rightarrow \min_{j, r_0, x_0, y_0, r_B, \dots, \omega}, \quad (3)$$

$$V_{aA} \cos \beta_A \in [V_{\wedge 1}, V_{\wedge 2}], \dots \psi \leq \frac{\pi}{2} - \arctg f, A \leq A_1 \quad (4)$$

$$\omega \in [\omega_1, \omega_2], r_0 \in [r_{01}, r_{02}], r_B \in [r_{B1}, r_{B2}]$$

$$R \in [R_1, R_2] \quad (5)$$

де  $\beta_A$ ,  $q$ ,  $P_f$  - функції цілі: перша мінімізує відхилення вектора абсолютної швидкості в точці удару зернівки об деку від нормалі в цій точці, друга - енергетичні затрати, третя - силу опору рухові зернівки у вхідній частині трубки;

$j$  - профіль трубок:  $j = \overline{1,5}$ ;

$V_{aA}$  - абсолютна швидкість удару;

$V_{Л1}, V_{Л2}$  - допустимі межі варіювання нормальної компоненти швидкості  $V_{aA}$ ;

$\psi$  - кут між дотичною до профілю трубки і радіусом  $\rho$ ;

$f$  - коефіцієнт тертя ковзання;

$r_0, r_B$  - радіус стакану і ротора відповідно;

$R$  - радіус деки;

$\omega$  - кутова швидкість ротора;

$r_{01}, r_{02}, r_{B1}, r_{B2}, R_1, R_2$  - межі варіювання параметрів.

Радіус стакану  $r_0$  визначаємо виходячи з умови безперервності протікання технологічного процесу при живленні за рахунок гравітаційних сил, номінальній продуктивності машини та умови компановки трубок. Вони виражаються залежностями:

$$\pi r_0^2 V_z = \pi r_0^2 z S(r_0), \quad (6)$$

$$\pi r_0^2 z \gamma S(r_0) = Q \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} r_0 \geq \max \{r_{01}, r_{02}\}, \\ r_{01} = \frac{z(r_0 + \delta)}{\pi} + 0,01 \\ r_{02} = \frac{gf}{\omega}, \end{array} \right. \quad (8)$$

$$V_z = K_z \sqrt{2gH_{жс}}, \quad (9)$$

$$S(r_0) = K_s V_z \quad (10)$$

де  $r_T$  - радіус трубки;

$z$  - число трубок;

$H_{жс}$  - висота живильного бункера;

$Q$  - номінальна продуктивність машини (кг/с);

$V_z, S(r_0)$  - швидкість падіння насіння на диск та початкова переносна швидкість зернівки в трубці, відповідно;

$\delta$  - товщина трубки;

$f$  - коефіцієнт тертя ковзання;

$g$  - прискорення вільного падіння, 9,81 м/с<sup>2</sup>;

$\omega$  - кутова швидкість обертання диска;

$K_z K_s$  - коефіцієнти, які враховують зменшення швидкості падіння зернівки від тертя зернівки об стінки і зміни напрямку його руху (визначаються експериментально).

**Висновки.** Запропонована методика дозволяє вирішувати методом імітаційного моделювання в режимі діалогу конструктора з ЕОМ задачу визначення раціональних параметрів і режимів роботи.

#### Література

1. *Абрамов Э.В.* Совершенствование технологии производства крупы / Э.В. Абрамов, Буй Дык-Хой, М.Е. Гинбуог. - М.: Пищевая промышленность, 1972. – 40 с.
2. *Авдусь П.Б.* Определения качества зерна, муки и крупы / П.Б. Авдусь, А.С. Сапожникова. - М.: Колос, 1976. – 155 с.
3. *Гавриленко И.В.* Оборудование для производства растительных масел. Изд.2-е, переработ. и доп. / И.В. Гавриленко. - М.: Пищевая промышленность, 1972. – 312 с
4. *Єременок І.В.* Обґрунтування типорозмірних рядів млинів і крупорушок сільськогосподарського призначення / І.В. Єременок // Зб. наук. пр. “Науковий вісник Національного аграрного університету”. Випуск 13. - К.: НАУ, - 1999. - С. 229-234.
5. Методика обоснования типажа сельскохозяйственной техники / УААН, Институт механизации и электрификации сельского хозяйства, п.г.т.Глеваха, 1994. - С. 6-8.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ЛУЩИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Олексеенко В.А., Фучаджи Н.О., Коваленко О.О.

**Аннотация** - в работе рассмотрены методы имитационного моделирования для определения рациональных параметров и режимов работы центробежной лущильной машины.

### DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF WORKING ORGANS AND MODES OF OPERATIONS OF CENTRIFUGAL DEHULLER

N. Fuchadzhi, V. Oleksienko, O. Kovalenko

#### *Summary*

The article is dedicated to simulation techniques in-process considered for determination of rational parameters and modes of operations of centrifugal dehuller.



УДК 677.051

## ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДЕЗІНТЕГРАТОРА ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ТІПАННЯ

Клевцов К.М., к.т.н.,

Соболев О.А., аспірант\*

*Херсонський національний технічний університет*

**Анотація** - у роботі розглянуті варіації основних конструкторсько-технологічних параметрів дезінтегратора та їх вплив на якісні показники короткого волокна.

**Ключові слова** – дезінтегратор, гребінка, відходи тіпання, коротке волокно.

Лляна галузь текстильної промисловості України останнім часом орієнтована на збільшення випуску продукції побутового призначення, у якій використовуються високі гігієнічні та інші споживчі властивості льону. Необхідність такого напрямку розвитку промисловості зумовлена недостатнім ступенем задоволення раціональних норм споживання лляних побутових тканин і льоновмісних матеріалів.

**Постановка проблеми.** Основними причинами недостатнього використання виробничого потенціалу легкої промисловості є різке зростання цін на енергоносії та сировину, що призвело до значного підвищення цін на готову продукцію легкої промисловості; різке зниження купівельної спроможності населення; значне зменшення коштів, виділених на розвиток та підтримку підприємств легкої промисловості; зменшення обсягів постачання сировини, головним чином бавовни тощо [1 – 2].

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз науково-технічної літератури з проблем удосконалення механічної обробки льону свідчить, що розроблювана технологія одержання високоякісного короткого волокна з відходів тіпання і низькосортної трести повинна забезпечувати максимальне видалення костриці, збереження міцності та досягнення високого ступеня паралелізації волокон, оскільки саме такі вихідні характеристики короткого волокна обумовлюють його придатність до подальшої переробки в прядінні, целюлозно-паперовій і медичній промисловості [3].

**Формулювання цілей статті.** Одним з основних завдань первинної переробки лляної сировини в сучасних умовах є

підвищення якості короткого волокна, яке використовується не тільки для одержання текстильної продукції за традиційною технологією, а і для виробництва целюлози, вати та котоніну.

**Основна частина.** Технологія виробництва короткого волокна з відходів тіпання льону включає в себе такі операції як збагачення відходів тіпання на тіпальних машинах, підсушування збагачених відходів в сушильній машині, використання дезінтегратора (замість КПАЛ) для підвищення інтенсивності відділення волокна від деревинної частини, сортування короткого волокна з наданням йому товарного вигляду [4].

Однією з головною задачею використання дезінтегратора в технологічній лінії є інтенсивне розволокнення і доочищення відходів тіпання.

З метою підвищення якості короткого волокна, що отримується при використанні дезінтегратора, були виготовлені та встановлені гребінки з послідовною варіацією кроку ребер, кута нахилу робочої кромки ребер і ширини ребер гребінок у їх основи (табл. 1)

Таблиця 1 - Варіації основних конструкторсько-технологічних параметрів гребінок ротора дезінтегратора

Варійовані параметри робочих органів	Номера комплектів гребінок					
	1	2	3	4	5	6
Максимальний крок ребер гребінок, мм	120	120	120	150	150	150
Кут нахилу робочої кромки ребер гребінок, град	55	55	45	55	55	45
Ширина основи ребер гребінок, мм	100	150	150	100	150	150

Після послідовного встановлення комплектів гребінок, представлених в табл. 1, проводилися випробування технологічної лінії з використанням дезінтегратора на тресті нормального ступеню вилежування при живленні рівномірним шаром з щільністю 0,5 кг/м погонний і швидкістю всмоктування  $v_{\text{сер.заг}} = 16 \text{ м / с}$ .

Отримані результати закростриченості та відсотка міцності представлені на рис. 1 та рис.2. У процесі переробки даних відходів тіпання з трести нормальної вилежки різними комплектами гребінок в деяких випадках спостерігається зниження номера короткого волокна, що пояснюється особливістю технологічної переробки відходів тіпання на дезінтеграторі. Виходячи з отриманих даних видно, що при використанні комплектів гребінок № 4 і № 6 вміст костриці складає 1,80 і 1,89% відповідно, що на 14,5% (14,41%) менше контрольного зразка та на 18,2% (18,11%) нижче гранично допустимих значень.

Показник міцності при використанні комплектів гребінок № 4 (81,59%) нижче, ніж з використанням комплекту № 6 (90,03) на 9,37%, що пояснюється більш жорстким режимом обробки короткого волокна.

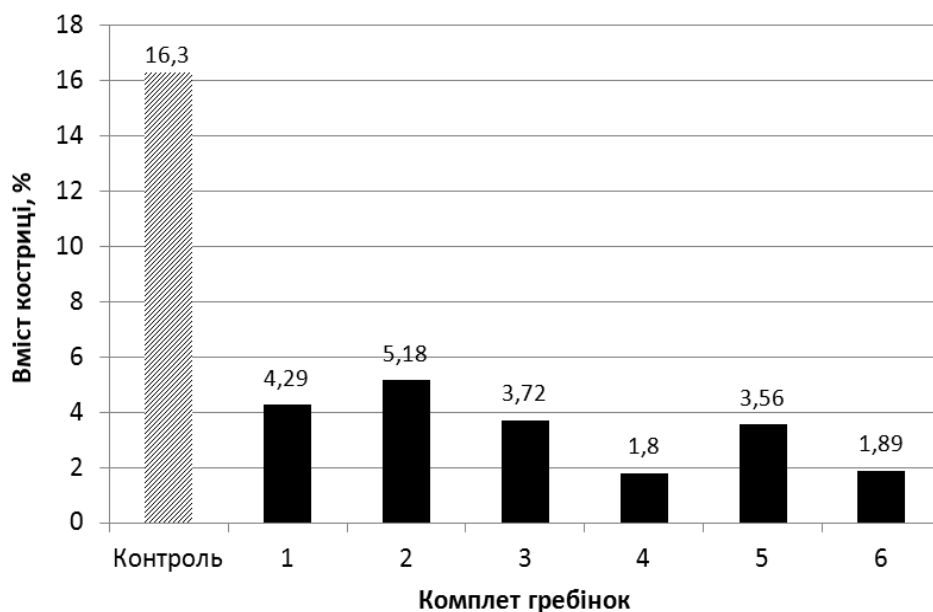


Рис. 1. Відсоток вмісту костриці в залежності від використання певного комплекту гребінок

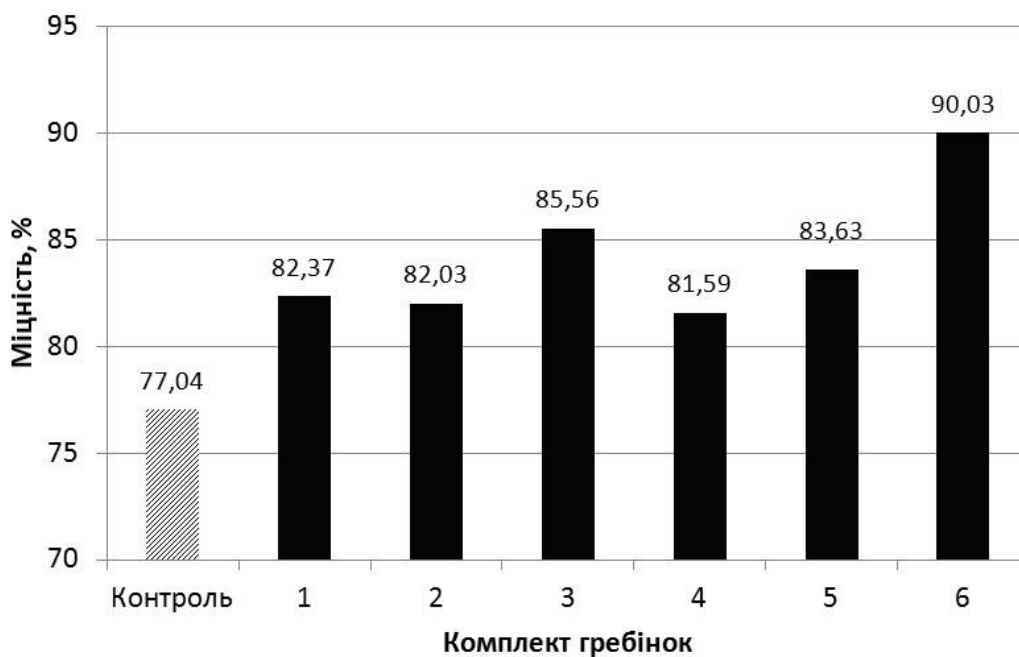


Рис. 2. Відсоток міцності короткого волокна в залежності від використання певного комплекту гребінок

**Висновок.** Аналіз експериментальних досліджень показав, що якість короткого волокна, отриманого при переробці відходів тіпання з використанням дезінтегратора, в цілому вища за якість волокна, отриманого при переробці на куделеприготувальному агрегаті КПАЛ (контроль), при цьому їх продуктивності приблизно рівні, але дезінтегратор є менш металоємним, що дозволить зменшити матеріальні витрати на обслуговування його роботи. Саме це і доводить доцільність використання дезінтегратора в якості пристрою для доочищення відходів тіпання.

#### Література

1. Черній Ю.В. Легка промисловість України працює для всіх / Ю.В. Черній // Легка промисловість. – 2005. – № 2. – С. 5.
2. Фоменко Л.Д. Индустриальная технология производства льносырья / Л.Д. Фоменко, А.В. Струнов. – Ленинград.: Агропромиздат, 1987. – 101 с.
3. Скорченко А.Ф. Сучасний стан та перспективи льонарства і коноплярства в Україні / А.Ф. Скорченко. – К.: УкрІНТЕІ, 1997. – 28 с.
4. Рыжов А.И. Повышение эффективности использования льняного волокна / А.И. Рыжов // Текстильная промышленность. – 1998. – № 5. – С. 40.

### ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕЗИНТЕГРАТОРА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ТРЕПАНИЯ

Клевцов К.М., Соболев О.А.

**Аннотация** - в работе рассмотрены вариации основных конструкторско-технологических параметров дезинтегратора и их влияние на качественные показатели короткого волокна

### PRACTICABILITY OF USING DISINTEGRATOR FOR RECYCLING SCUTCHING WASTE

K. Klevtsov, O. Sobolev

#### *Summary*

The variation of the basic design and technological parameters of disintegrator and their impact on the qualitative indicators of short fiber are considered.

УДК 677.021.15.18

## МІНЛИВІСТЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАТЕВИХ ТИПІВ ОДНОДОМНИХ КОНОПЕЛЬ

Резвих Н.І., аспірант\*,

Ляліна Н.П., к.т.н.

Чурсіна Л.А., д.т.н.

*Херсонський національний технічний університет*

Тел. (0552) 51-71-72

**Анотація** – наведена характеристика основних статевих типів конопель. В статті проаналізовані результати дослідження фізико-механічні властивостей соломи конопель сорту ЮСО-31

**Ключові слова** – однодомні та дводомні коноплі, однодомна матірка, однодомна фемінізована плоскінь, фемінізована плоскінь, однодомна маскулінізована матірка.

**Постановка проблеми.** В Україні на сьогоднішній день у виробництві широко застосовують селекційні однодомні сорти конопель, які прийшли на зміну дводомним. Однодомні коноплі, в свою чергу, вирішують ряд поставлених перед ними завдань, а саме: дозволяють проводити одноразове механізоване збирання стеблостою, на відміну від дводомних. Однодомні коноплі характеризуються збільшеним вмістом волокна у стеблах близько 30%, високою врожайністю соломи і насіння, зменшеним вмістом наркотичних речовин, стійкістю до хвороб та шкідників та ін. Однією із відмінностей між дводомними та однодомними формами конопель є різниця за статевим складом. Тому, постає питання у необхідності дослідження фізико-механічних властивостей основних статевих типів однодомних конопель із метою урахування цих властивостей для удосконалення існуючих і розробки нових більш ефективних технологій переробки.

**Аналіз останніх досліджень.** Із аналізу літературних джерел та сучасних досліджень відомо, що властивості обох статевих типів дводомних конопель вивчені більш детально, на відміну від питань, пов'язаних із якісними властивостями статевих типів, що входять до популяції однодомних конопель.

**Формування цілей статті (постановка завдання).** Визначити і проаналізувати фізико-механічні властивості основних статевих типів в соломі сорту однодомних конопель ЮСО-31.

---

©Резвих Н.І., аспірант, Ляліна Н.П., к.т.н. Чурсіна Л.А., д.т.н., професор.

\* Науковий керівник – д.т.н., професор Чурсіна Л.А.

**Основна частина.** Відомо, що сорти конопель відрізняються за статевим складом і, тому мають різну наукову і практичну цінність.

Виникнення роздільностатевості у конопель дослідники пов'язують з процесом еволюції із двостатевих форм. Основними етапами еволюції статі конопель є такі: 1. гермафродитні рослини; 2. однодомні рослини; 3. дводомні рослини.

Сорти дводомних конопель представлені двома статевими типами – матіркою та плоскінню. Популяція сортів однодомних конопель суттєво відрізняється від дводомних за статевими типами, основними із яких є однодомна матірка, справжні однодомні фемінізовані рослини, однодомна фемінізована плоскінь і фемінізована плоскінь.

Так, однодомна матірка характеризується наявністю у суцвітті чоловічих і жіночих квіточок, причому останні переважають, і, тому вона є більш продуктивною за насінням, у порівнянні із іншими статевими типами. Частка однодомної матірки становить від 49,6-94,6%.

Основна маса квіток у суцвітті рослини однодомної фемінізованої плосконі чоловічі, а жіночі представлені в незначній кількості. Рослини цього типу за морфологічними та анатомічними ознаками, а також довжиною вегетаційного періоду не відрізняються від однодомної матірки. Їх частка становить від 0,1-4,2%

За морфологічними ознаками фемінізована плоскінь представляє собою жіночу рослину із компактним суцвіттям, причому всі квітки чоловічі. Вегетаційний період однаковий із однодомними рослинами.

За зовнішньою будовою рослини однодомної маскулінізованої матірки наближені до звичайних чоловічих рослин. Суцвіття пухке, волотеве, основна маса квіток жіночі.

Вегетаційний період плосконі значно менший ніж у однодомних рослин. Наявність плосконі у сортах однодомних конопель є небажаною домішкою і протягом всего процесу селекції і насінництва її необхідно видаляти. Близько 0,2-2,5 % плосконі зустрічається у посівах, її вищеплюють.

Для дослідження використовували солону високоволокнистого селекційного сорту конопель ЮСО-31.

Визначення фізико-механічних показників сировини, а саме соломи конопель, необхідної для отримання високоякісного волокна, застосовували ГОСТ 11008-64 Солома конопляная.

Статистичні дані обробляли на комп'ютері за відповідною програмою.

Порівняльна характеристика фізико-механічних властивостей основних статевих типів соломи однодомних конопель наведена у табл.1.

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика фізико-механічних властивостей основних статевих типів однодомних конопель

Фізико-механічні характеристики	Статеві типи				Плоскінь
	Однодомна матірка	Однодомна фемінізована плоскінь	Фемінізована плоскінь	Однодомна маскулінізована матірка	
Середня довжина стебел ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ ), см	269,0±6,69	244,2±9,96	225,6±6,50	270,8±8,11	196±11,8 3
Коефіцієнт варіації середньої довжини стебел (V), %	2,50	4,08	2,88	2,99	6,04
Діаметр стебел ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ ), мм	12,20±0,67	11,04±0,27	8,9±0,41	11,7±0,79	7,2±0,45
Коефіцієнт варіації діаметру стебел (V), %	5,50	2,45	4,56	6,76	6,21
Вміст лубу ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ ), %	37,8±1,27	34,42±0,35	33,64±2,0	31,94±3,45	38,62±0,5 4
Коефіцієнт варіації вмісту лубу (V), %	3,4	1,02	5,94	10,81	1,40
Міцність лубу ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ ), даН	28,0±1,02	26,26±1,11	27,1±1,43	25,36±0,49	33,48±3,0 5
Коефіцієнт варіації міцності лубу (V), %	3,7	4,23	5,3	1,9	9,11

Дані таблиці представлені на діаграмах рис.1. та рис.2. Вони свідчать, що найбільша довжина стебел спостерігається у двох типів у однодомної матірки та однодомної маскулінізованої матірки, і становить близько 270 см. Діаметр стебел у різних статевих типів конопель теж відрізняється. Так, менший діаметр стебел мають рослини плоскінь – 7,2 мм, а діаметр однодомної матірки у розмірі 12,2 мм є найбільшим. За показником вміст лубу у стеблах найбільшим є у однодомної матірки та плоскінь у порівнянні з іншими статевими типами. Міцність лубу однодомної матірки менша, ніж міцність лубу плоскінь, і складає 28 даН. За показником міцність лубу у однодомної фемінізованої плоскінь та фемінізованої плоскінь величина практично однакова.

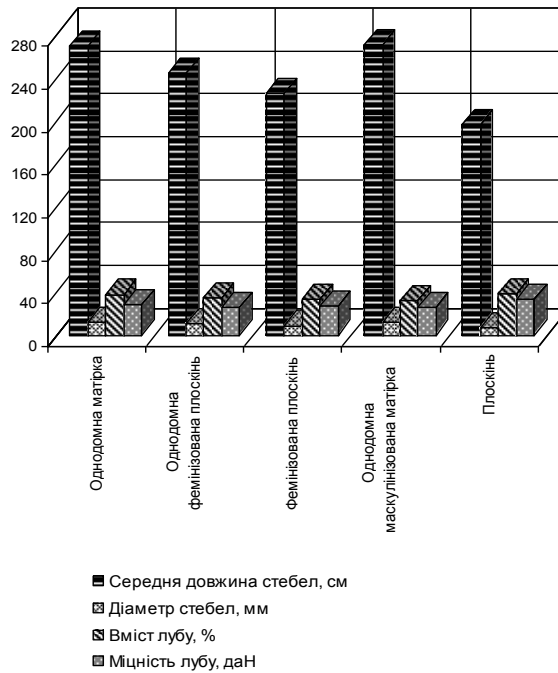


Рис.1. Мінливість фізико-механічних показників статевих типів однодомних конопель сорту ЮСО-31.

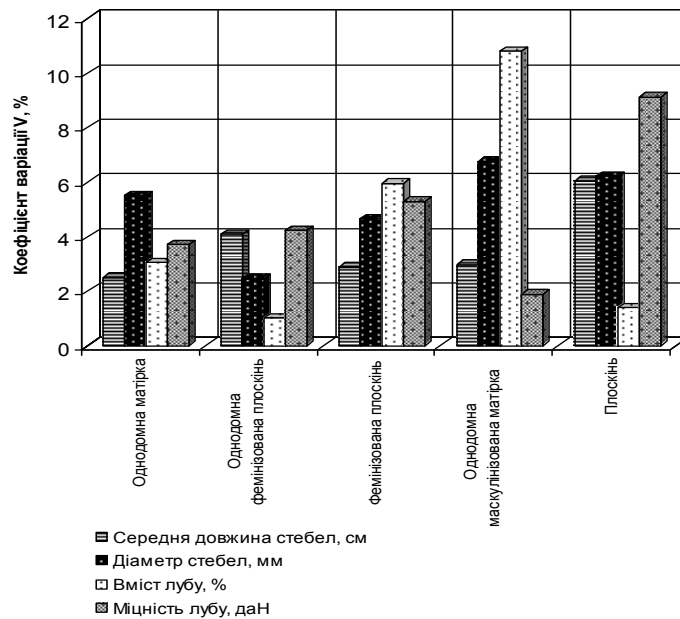


Рис.2. Коефіцієнти варіації фізико-механічними властивостями статевих типів конопель

На рис.2. зображені коефіцієнти варіації дослідження основних фізико-механічних властивостей статевих типів конопель. Виходячи із результатів проведених досліджень, можна зробити висновок, що коефіцієнти варіації фізико-механічних властивостей статевих типів є низкими. Дані свідчать про відносно невисокий ступінь мінливості середньої довжини стебел, коефіцієнт варіації знаходиться на низькому рівні в межах 2.5-6.04% (для плосконі становить 6.04%, для однодомної матріки – 2,5%). Коефіцієнт варіації діаметра стебел



змінюється також на низькому рівні 2,45 – 6,76%. Коефіцієнт варіації вмісту лубу найбільший спостерігається у рослин плосконі і, відповідно, 9,11%. Коефіцієнт варіації міцності лубу та вмісту лубу є практично однаковим для однодомно фемінізованої плосконі та фемвінізованої плосконі.

**Висновки.** Проведені дослідження підтверджують, що між фізико-механічними властивостями статевих типів однодомних конопель існує різниця, і тому її необхідно враховувати при розробці нових технологій переробки конопель.

#### Література

1. *Кириченко Г.І.* Нові колекційні зразки українського генофонду конопель / Г.І. Кириченко, В.Г. Вировець // Селекція, технологія виробництва та первинної переробки льону і конопель: Збірник наукових праць ІЛК УААН. – Глухів, 2000. – С. 93 – 101.
2. *Вировець В.Г., Ситник В.П., Орлов М.М.* Селекція и семеноводство конопли в Украине / В.Г. Вировець, В.П. Ситник, М.М. Орлов // Селекція, технологія виробництва та первинної переробки льону і конопель: Збірник наукових праць ІЛК УААН. – Глухів, 2000. – С. 25 – 34.
3. *Городній М.Г.* Технічні культури / М.Г. Городній. – К.: Урожай, 1969. – С. 6 – 151
4. *Лесик Б.В.* Справочник коноплевода / Б.В. Лесик, Д.Ф. Ткаченко. – М.: Сельхозгиз, 1978. – 194 с.
5. *Тимонин М.А.* Справочник коноплевода / М.А. Тимонин. – К.: Урожай, 1977. – 88 с
6. ГОСТ 11008 – 64. Солома конопляная. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 11 с.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛОВЫХ ТИПОВ ОДНОДОМНОЙ КОНОПЛИ

Резвих Н.І., Лялина Н.П., Чурсина Л.А.

**Аннотація** - приведена характеристика основных половых типов конопели. В статье проанализированы результаты исследования физико-механических свойств соломы конопели сорта ЮСО-3.

## THE VARIABILITY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SEXUAL TYPES OF MONOECIOUS HEMP

N.Rezvykh, N. Lyalina, L. Chursina

#### Summary

The characteristics of the main sexual types of hemp are described. The results of the research of physical and mechanical properties of straw of hemp variety USO-31 are analyzed in the article.

УДК 677.11.021

## АНАЛІЗ ВТРАТ СТЕБЛОВОЇ ЧАСТИНИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗГІДНО ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ

Сай В.А., аспірант

Кузьміна Т.О., д.т.н.

Херсонський національний технічний університет

Тел. (0552) 51 71 72

**Анотація** – у роботі розглянуто стан проблеми втрат стеблової частини льону олійного під час збирання зернозбиральним комбайном і перспективи підвищення ефективності використання всієї маси волокна, що залягає у волокнистих жмутах стебла. Запропоновано вдосконалювати технологію збирання і первинної переробки льону олійного.

**Ключові слова** – льон олійний, солома, треста, росяне мочіння, вміст волокна

**Вступ.** Збільшення попиту на екологічно чисті та натуральні вироби у багатьох галузях економіки відкриває величезний потенціал використання лубоволокнистої сировини, наприклад, в одязі, ліках, будівельних матеріалах та ін. Тому останнім часом інтенсивно розширюється сфера застосування стебел та лубу (волокна) льону у різних галузях виробництва. Це пов'язано зі специфічними властивостями даної сировини, яка в певному асортименті виробів не може бути заміненою на інші види.

Однією із самих цінних і високопродуктивних олійних культур є льон олійний. Насіння льону є функціональним продуктом харчування. Це пояснюється унікальністю його складу. Льняне насіння містить жири, протеїни. Ліпіди насіння льону цінні високим вмістом поліненасичених жирних кислот, а саме вмістом ліноленової кислоти, яка є дефіцитною у раціоні людей та має антистресову, антиаритмічну дію та судинно-розширюючі властивості. Також насіння льону є одним з найбагатших джерел лігнінів, бо містить у своєму складі ціаногенну сполуку (лінамарин), яка має високу біологічну активність та впливає на різні системи і органи, діє як регулятор на секреторну та моторну функції кишечника.

Ляна олія є практично незамінною у виробництві фарб та інших антикорозійних покриттів. З неї виготовляють оліфу, яка застосовується в суднобудуванні, у житловому і промисловому будівництві. У США широко застосовують емульсійні фарби,

виготовлені на лляній олії. У Канаді використовують лляну олію для виготовлення солестійкого складу з метою зміцнення поверхні тротуарів і асфальтових доріг [4].

Таким чином, принципово новими напрямками економічно важливих для України технологій переробки льону є конструкційні елементи екологічно чистого автомобіля, лікувальні препарати, косметичні і харчові добавки, лаки, клеї й ін. Виявлено нові лікувальні властивості лляної харчової олії, що дозволяють значно знижувати ризик придбання хронічних захворювань, онкологічних, а також хвороб серцево-судинної системи. Встановлено, що її можна застосовувати як гормональний препарат, що сприяє здійсненню важливих біологічних функцій в організмі людини.

**Постановка проблеми.** Велику цінність має і солома льону олійного, що залишається після обмолоту насіння. В ній міститься в середньому 10...20 % волокна четвертого-п'ятого номерів, яке є цінною натуральною сировиною для текстильної промисловості. Воно також придатне для виготовлення шпагату та іншої потрібної для народного господарства продукції технічного призначення. Солома, яка містить до 50 % целюлози, є сировиною для виробництва різних сортів паперу: цигаркового, банкнотного, фільтрувального, картону. У середньому з кожного гектара льону можна отримати до 300 кг паперової сировини, що забезпечить збереження цінної деревини [4, 5].

У процесі первинної переробки стебел льону утворюється, як відходи, костра, що застосовується для отримання різних матеріалів і речовин. З костри виготовляють меблеві й будівельні плити, утеплювачі, гранулят для будівництва доріг та іншу продукцію.

Аналіз світового досвіду використання продукції з льону олійного вказує, що важливим і актуальним завданням на сьогоднішній день є використання всього закладеного в рослині потенціалу із найменшими втратами волокна, насіння та відходів у вигляді полови та костри.

Останнім часом для збирання льону олійного найбільшого використання набули зернозбиральні машини. Збирання врожаю проводять двома способами: прямим комбайнуванням у фазі повної стиглості, а при значній засміченості посівів або при відростанні пагонів через дощову погоду проводять роздільне збирання у фазі біологічної стиглості рослин. Фаза біологічної стиглості характеризується дозріванням 75 % коробочок, а абсолютна вага і олійність сягає максимуму. Вологість насіння в цей період складає 20...25 %, коробочок – 40...45 %, стебел – понад 60 % [1, 4]. Але така технологія збирання призводить до значних втрат цінної волокнистої сировини. Тому аналіз причин втрат волокнистої частини стебла льону олійного та пошук нових рішень підвищення ефективності його збирання і первинної переробки є важливою народногосподарською проблемою.

**Аналіз останніх досліджень.** Результати досліджень хімічного складу, фізико-механічних характеристик волокна, комплексного використання та технологій первинної переробки соломи льону олійного наведено у роботах українських і зарубіжних вчених [2 – 7]. Однак, немає достатніх відомостей про вміст волокна у стеблах льону олійного, зокрема у різних частинах за довжиною стебла: прикореневій, середній і верхній, районуваних у різних регіонах України.

**Основна частина.** У даній роботі дослідження проводилися у зоні Західного Полісся з використанням сорту льону олійного – “Лірина”.

Для визначення вмісту волокна стебла льону розстеляли на льонищі у стрічки для вилежування їх у тресту. Процес приготування трести здійснювався з використанням біологічного росяного мочіння. Після вилежування із різних місць відбирали 10 жмень трести, видаляли із них бур'яни і підсушували до вологості 9...11 %. Із підсушених жмень формували п'ять пучків вагою  $100 \pm 2$  г. Стебла кожного пучка підрівнювали так, щоб збігалися їх окоренки. Після чого кожен пучок зв'язували у трьох місцях: на відстані 5..7 см від окоренків, приблизно посередині і у верхній частині.

Зв'язані пучки розрізали на три ділянки. Спочатку відрізали прикореневу ділянку довжиною 15 см. Така довжина відповідає середній висоті зрізу стеблостою льону олійного під час збирання його зернозбиральним комбайном. Потім від місця відрізу прикореневої ділянки відміряли 30 см і відрізали верхню ділянку. Місце відрізування верхньої ділянки знаходиться трохи вище початку галушення стебла.

Вирізані з пучків ділянки розв'язували, зважували і пропускали через лабораторну м'ялку ЛМ-3, розкладаючи стебла по всій довжині робочої ширини м'ялки. Тиск пружин на вальці м'ялки було встановлено постійним 118 Н (12 кгс). Пропустивши стебла через м'ялку 5...6 разів, їх витрушували вручну до припинення виділення костри. Потім знову проминали 4...6 разів і протрушували. Такий процес повторяли до тих пір, поки вміст костри в волокні не перевищував 10%. Залишки костри вибирали вручну на столі, покритому темним папером. Окремі волокна, які випали з кострою, збирали і приєднували до проби. Отримане чисте волокно зважували із точністю до 0,01 г на лабораторних терезах ВТК-500.

Процентний вміст волокна в тресті обчислювали за формулою:

$$C_e = \frac{m_e \cdot 100}{m_m},$$

де  $m_e$  – маса волокна виділеного з трести, г;

$m_m$  – маса трести;

За результатами обробки дослідних даних встановлено, що прикоренева частина льону олійного містить 14,2 % волокна, середня частина – 28,2 %, верхня частина – 23,8 %. В цілому стебла льону олійного містять 22,4 % волокна.

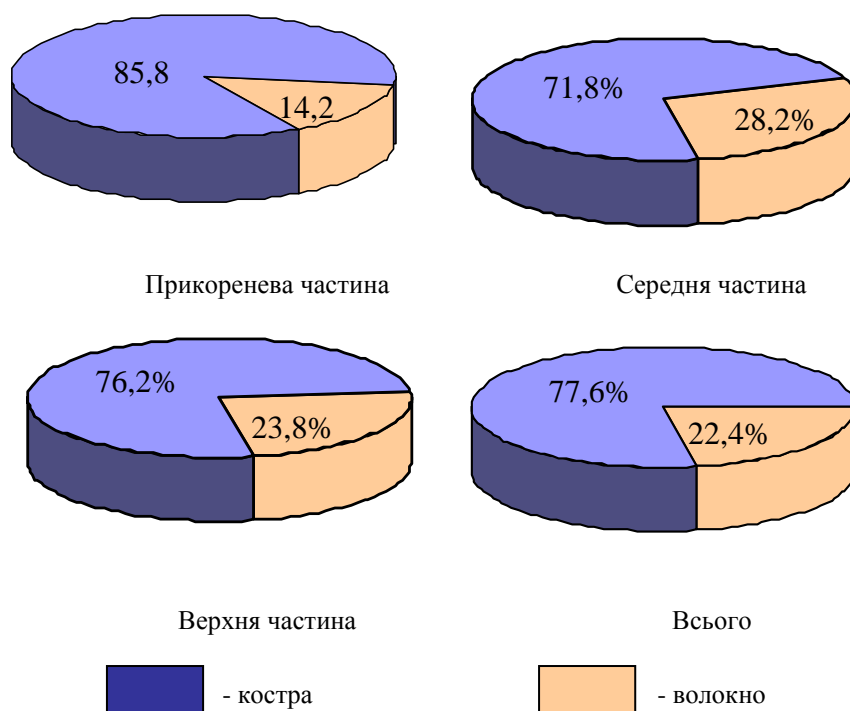


Рис. 1. Вміст волокна у різних частинах стебел льону олійного

В процесі проведення дослідів спостерігалось, що костра легше відділялася від волокна при проминанні прикореневої і середньої частин стебел. У волокні верхньої частини після проминання і протрушування залишаються домішки, які досить важко відділяються від волокна. Ці домішки являють собою залишки кінцівок розгалуженої частини стебла (рис. 2). Таким чином, цей факт викликає необхідність додаткової обробки верхівок стебел. Або технологічний процес первинної переробки повинен забезпечувати первинне змішування стебел і багатократне знекострування. Особливу увагу слід приділяти ефективному змішуванню волокна, виділеного з різних частин стебел з метою отримання однорідної за властивостями суміші..



Рис. 2. Зразки волокна льону олійного

У результаті використання гравіметричного методу аналізу частин пучків трести також встановлено, що на прикореневу частину трести припадає 33,8% від ваги цілого пучка, на середню частину – 43,5%, а на верхню – 22,7%. Таким чином, при збиранні льону олійного зернозбиральним комбайном на полі залишається 33,8% соломи льону олійного.

Із одного пучка отримали в середньому 22,42 г волокна, з якого на прикореневу частину припадає в середньому 4,78 г волокна, середню частину – 12,24 г, верхню частину – 5,4 г. У процентному відношенні прикоренева частина містить 21,3 % волокна, середня частина – 54,6 і верхня частина – 24,1 %. Отже, бачимо, що загальні втрати волокна при збиранні зернозбиральним комбайном становлять 21,3%.

Розрахунки показали, що при отриманій врожайності соломи для сорту «Лірина» 45,6 ц/га втрати соломи будуть становити 15,5 ц/га, трести – 12,4 ц/га і волокна – 2,64 ц/га (рис. 2).

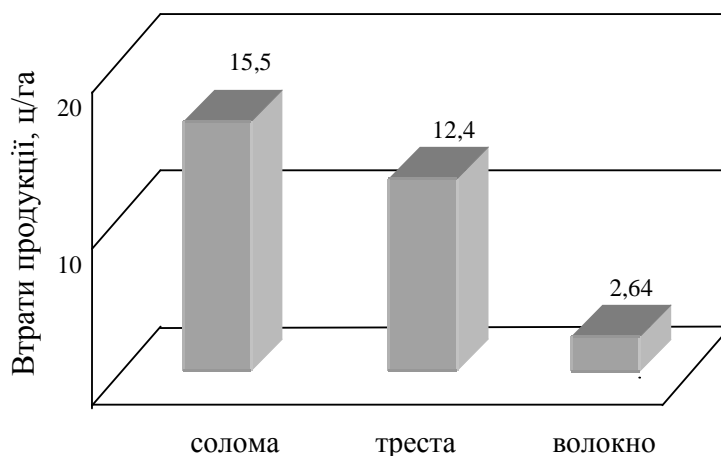


Рис. 2. Втрати продукції льону олійного при збиранні його зернозбиральним комбайном

### **Висновки.**

1. На основі результатів проведених досліджень встановлено, що стебла льону олійного у прикореневій частині містять 20...22% волокна.

2. Застосування традиційної технології збирання льону олійного зернозбиральними комбайнами призводить до значних втрат волокна, яке знаходиться у прикореневій частині стебел, а також до значного засмічення всього волокна залишками розгалуженої частини стебел.

3. Для зменшення втрат волокна і зниження його засміченості необхідно вдосконалювати технологію збирання і первинної переробки льону олійного.

### Література

1. Лихочвор В.В. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур / В.В. Лихочвор, В.Ф. Петриненко – Львів.: НВФ. «Українські технології», 2006. – 730 с.

2. *Горач О.О.* Удосконалення технології одержання трести з соломи льону олійного з використанням штучного зволоження: дис... канд. тех. наук: 05.18.01 / Горач Ольга Олексіївна. – Херсон, 2009. – 206 с.
3. *Живетин В.В.* Масличный лен и его комплексное развитие /В.В. Живетин, Л.Н. Гінзбург – М.: ЦНИИЛКА. 2000. – 389 с.
4. *Льон олійний: біологія, сорти, технологія вирощування: А.В. Чехов, О.М. Лапа, Л.Ю. Міщенко, І.О. Полякова* – К.: Українська академія аграрних наук. Інститут олійних культур, 2007. – 59 с.
5. *Рой О.О.* Перспективи комплексного використання олійного льону / О.О. Рой, Г.А. Тіхосова Г.А. //Легка промисловість. – 2008. – №2. – С. 47.
6. *Рой О.О.* Порівняльна характеристика морфологічних та технологічних ознак стебел льону двох груп / О.О. Рой, Л.А. Чурсіна //Легка промисловість. – 2007. –№3. – С. 38.
7. *Пашин Е.Л.* Технологическое качество и переработка льна-межеумка / Е.Л. Пашин, Н.М. Федосова.– Кострома, ВНИИЛК, 2003. – 85 с.

## АНАЛИЗ ПОТЕРЬ СТЕБЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ЛЬНА МАСЛЯНОГО СОГЛАСНО СУЩЕСТВУЮЩИМ ТЕХНОЛОГИЯМ СОБИРАНИЯ

Сай В.А., Кузьмина Т.О.

**Аннотація** - в роботі розглянуто стан проблеми втрат стебелкової частини льна масляного в час збирання зерноуборочним комбайном і перспективи підвищення ефективності використання всієї маси волокна, що залягає в волокнистих клоках стебля. Предложено совершенствовать технологию сбора и первичной переработки льна масляного.

## THE ANALYSIS OF LOSSES OF THE STEM PART OF OIL FLAX AT EXISTING TECHNOLOGIES OF GATHERING

V. Say, T. Kuzmina

### *Summary*

The condition of a problem of losses of a stem part of oil flax during gathering by a combine harvester and prospects of increase of efficiency of use of all weight of a fibre which lies in fibrous bunches of a stalk is considered in this article. It is offered to improve technology of gathering and primary processing of oil flax.

УДК 677.11.116

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОЛОКНА, ЛУБУ ТА СОЛОМИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Тіхосова Г.А., к.т.н.

Херсонський національний технічний університет

Тел. (0552) 51-71-72

**Анотація** – В роботі розглянуті проблеми оцінки якості льону олійного і продукції, одержуваної в результаті переробки його стебел, вказані шляхи їх вирішення.

**Ключові слова** – льон олійний, довжина жмені, лінійна густина, діаметр стебел, вихід лубу.

**Постановка проблеми.** Статистичний аналіз, проведений на основі раніше опублікованих робіт [1], показує, що в останні роки значно збільшилися посіви льону олійного не тільки у Європі, а і в Україні. Так, у Херсонській області посіви збільшилися з 2005 до 2009 року з 3,2 до 4,5 тис. га. Це пов'язано з широким лікувально-профілактичним використанням лляного насіння [2,3]. До цього часу вважалось, що стебла льону олійного використовувати нерентабельно через малий вміст у них волокна – до 15 %. Але, як показали роботи ряду зарубіжних вчених, волокно льону олійного може бути високоякісною сировиною для одержання змішаного прядива, паперу, ефірів целюлози, нетканих матеріалів, а з костриці льону олійного можна отримувати альтернативне паливо, будівельні та меблеві матеріали [4,5].

Для більшої об'єктивності цих даних і з метою розробки рекомендацій щодо прогнозування сфери застосування волокна льону олійного на основі властивостей одержаної з нього продукції, виникла потреба більш детальної оцінки технологічних властивостей показників якості волокна льону олійного.

**Аналіз останніх досліджень.** В роботах російських вчених для оцінки технологічної цінності волокна льону олійного пропонується використовувати критерії згідно ГОСТ 9394-76 «Волокно льяное короткое. Технические условия», такі як: колір, розривне навантаження та закростриченість [2]. На нашу думку, цих показників недостатньо для визначення сфери застосування волокна льону олійного. Оцінка технологічних властивостей волокна льону олійного



повинна здійснюватися за уніфікованими методиками за ГОСТ 3152-79 «Волокно хлопковое» та Технічними умовами на котонізоване волокно [5,6]. Але ці методики повинні бути пристосовані до лляного волокна та лубу, виділеного із стебел соломи і трести льону олійного.

В каталогах олійних культур для льону олійного наведені тільки показники урожайності за насінням різних сортів льону олійного, вміст жирів і органічних кислот у насінні [7]. Показники, що характеризують стебла льону олійного, в каталогах відсутні. Це ускладнює оцінку якості волокна та урожайності соломи різних сортів.

Тому в Херсонському національному технічному університеті проведені систематичні дослідження з оцінки якості стебел соломи та волокна різних сортів льону олійного, районованих в Південній зоні України.

**Основна частина.** На полях дослідного господарства УААН «Асканійське» були відібрані проби різних сортів льону олійного в стадії повної стиглості за методикою Доспехова Б.А. Було відібрано по 5 проб 9 сортів (Вера, Орфей, Золотистий, Ківіка, Ручеєк, Південна ніч, Дебют, Айсберг, ВНІМК) і проведена оцінка якості соломи, трести, лубу і волокна.

Так, визначення якості соломи льону олійного здійснювалося за ГОСТ 28285-89 «Солома льняная. Требования при заготовках». Для всіх сортів соломи льону олійного визначалась довжина жмені, діаметр стебел та вихід лубу.

Визначення якості лляної трести, одержаної за патентованим способом розстилу зі штучним зволоженням [8], здійснювалося за ДСТУ 4199:2003. Технологічні показники якості трести і соломи, наведені в таблиці.

Аналізуючи дані таблиці, можливо зробити такі припущення. Найбільш придатними сортами льону олійного для використання їх волокна в текстильній промисловості є сорти Дебют та Вера. Вони мають найбільший вихід лубу та волокна. Але, щоб рекомендувати ці сорти для переробки в сумішах волокон для прядива, необхідно визначити ряд додаткових показників.

Найважливішими характеристиками, від яких залежить галузь застосування льону олійного, є довжина волокон, їх лінійна густина, нерівномірність за довжиною, тонина. Але стандартів для визначення цих характеристик не існує, як для волокна льону-довгунця, так і для волокна льону олійного. Тому, як було здійснено раніше для модифікованих лляних волокон [9], необхідно відомі методики для бавовняного волокна і котонізованого лляного волокна уніфікувати для оцінки якості волокна та лубу льону олійного. Для цього зробимо деякі припущення.

Таблиця 1 - Технологічні характеристики соломи і трести різних сортів льону олійного

Сорт	Тип сировини	Технологічні показники якості			
		довжина жмені, мм	діаметр стебел, мм	вихід лубу, %	вихід волокна, %
1	2	3	4	5	6
Айсберг	солома	56,5	1,77	17	-
	треста	55,4	1,67	-	15
Вера	солома	60,3	1,44	20	-
	треста	58,1	-	-	18
Золотистий	солома	55,3	1,72	14	-
	треста	54,1	1,68	-	12
Ківіка	солома	66,8	1,46	17	-
	треста	65,3	1,32	-	16
Південна ніч	солома	59,3	1,65	18	-
	треста	56,4	1,50	-	14
1	2	3	4	5	6
Дебют	солома	53,0	1,53	25	-
	треста	52,0	1,43	-	23
Орфей	солома	53,5	1,60	20	-
	треста	-	-	-	17
ВНІМК	солома	48,8	1,74	18	-
	треста	45,0	1,62	-	16
Ручеєк	солома	55,7	1,44	17	-
	треста	48,4	1,23	-	12

Припустимо, що в загальній масі сировини міститься  $n_1$  волокон завдовжки  $L_1$  і масою  $M_1$ ,  $n_2$  волокон завдовжки  $L_2$  і масою  $M_2$  і т. д. Практично значення  $n_1, n_2, \dots, n_n$  визначають після промірювання довжини кожного волокна й підрахунку кількості волокон, які мають однакову довжину або відносяться до певного інтервалу довжин. Для знаходження  $M_1, M_2, \dots, M_n$  всі волокна розсортовують на групи, що містять волокна певного інтервалу довжини, і зважують кожну групу окремо.

Середню арифметичну довжину  $L_a$  часто називають середньою довжиною або фактичною довжиною. Її визначають за формулою:

$$L_a = (L_1 n_1 + L_2 n_2 + \dots + L_n n_n) / (n_1 + n_2 + \dots + n_n) = \sum (L_n) / \sum n \quad (1)$$

Цю зведену характеристику використовують при визначенні довжини волокон, а також довжини сплутаних або коротких волокон, для яких вимірювання довжини окремих волокон є обов'язковим. Оскільки таке промірювання та підрахунок кількості волокон з однаковою довжиною досить трудомісткий процес, то зазвичай

застосовують розсортування волокон на групи однакової довжини і їхнє роздільне зважування.

Для волокон льону олійного необхідно підрахувати модальну, штапельну й середню масодовжину, так само, як і для бавовняних волокон.

Середня масодовжина  $L_d$  підраховується аналогічно середній арифметичній, тільки замість кількості волокон  $n$  у формулу підставляють значення їхньої маси  $M$ :

$$L_d = (L_1M_1 + L_2M_2 + \dots + L_nM_n) / (M_1 + M_2 + \dots + M_n) = \sum(LM) / \sum M \quad (2)$$

При розсортуванні волокон на групи з певним інтервалом довжин значення  $L_1, L_2, \dots, L_n$  відповідають середнім значенням довжини окремих груп.

Модальна масодовжина  $L_m$  відповідає довжині волокон, що становлять групу з найбільшою масою. Ця довжина завжди трохи більше, ніж модальна довжина  $L_m$ , що відповідає довжині найбільш численних волокон, оскільки масова частка більш довгих волокон завжди перевищує їх кількісну частку.

Штапельна масодовжина  $L_{ш}$  підраховується як середня масодовжина з довжин, що перевищують модальну масодовжину. Для бавовняних волокон  $L_{ш} \approx 1,1 \cdot L_m$ . Для волокон льону олійного  $L_{ш}$  не визначена.

Під час подальших досліджень довжина волокон, їх лінійна густина, тонина, штапельна масодовжина будуть використані для визначення сфери застосування різних сортів льону олійного.

**Висновки.** Досліджені основні технологічні характеристики соломи і трести 9 сортів льону олійного, які можуть визначати придатність того чи іншого сорту для застосування його волокна в різних галузях промислового виробництва.

Запропонована методологія уніфікації існуючого ГОСТ на бавовняне волокно і Технічних умов на катонізоване лляне волокно для оцінки технологічних властивостей волокна та лубу льону олійного.

Нові показники якості, такі як: довжина волокна, лінійна густина, нерівномірність за довжиною рекомендовано для визначення сфери застосування в прядінні волокон льону олійного.

#### Література

1. Горач О.О. Стан виробництва льону олійного в Херсонській області / О.О. Горач //Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вип. 7. Том 5. – Мелітополь. – 2007. – С. 90-102.
2. Пашин Е.Л. Технологическое качество и переработка льна-межеумка: Монографія / Е.Л. Пашин, Н.М. Федосова. – Кострома, ВНИИЛК, 2003. – 85 с.

3. *Живетин В.В.* Масличный лён и его комплексное развитие / В.В. Живетин. – М.: ЦНИИЛКА, 2000. – 389 с.
4. *Cappelletto P., Mongardini F., Sannibale M., Brizzi M., Pasini P.* Mechanical treatment of field retted oilseed flax and hemp. Resulting fibers can restore recycled fibers quality. / Nord flax: proceeding and abstracts of the 1<sup>st</sup> Nordic Conference on flax and hemp proceeding, held in Tampere, Finland, 10-12 August 1998, P. 127-141.
5. *Котонізоване льноволокно.* Технічні умови: ТУ.У.05495816.005-2000. [Чинні від 2000-25-02]. – Старий Самбір, 2000. – 6 с.
6. *Котонин* из короткого льняного волокна. Технические условия: ТУ.17.У.00306710.079-2000. [Введен в действие 2000-01-08]. – Херсон, 2000. – 17 с.
7. *Льон олійний.* Технологія вирощування: науково-методичні рекомендації. – Херсон: ВАТ «Херсонська міська друкарня», 2009. – 12 с.
8. *Патент № 40229* У Україна, МПК D01B 1/00 на корисну модель. Спосіб одержання трести з соломи льону олійного / Горач О.О., Тихосова Г.А., Князев О.В.; Заявл. 20.11.2008; Опубл.25.03.2009; Бюл. № 6.
9. *Кузьміна Т.О.* Якість і стандартизація модифікованих лляних волокон: Монографія / Т.О. Кузьміна, Л.А. Чурсіна, Г.А. Тихосова. – Херсон: Олді-плюс, 2009. – 416 с.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОЛОКНА, ЛУБА И СОЛОМЫ ЛЬНА МАСЛЯНОГО**

Тихосова Г.А.

**Аннотація** - В роботі рассмотрены проблемы оценки качества льна масляного и продукции, получаемой в результате переработки его стеблей, указанные пути их решения.

## **ESTIMATION OF QUALITY OF THE FIBRE AND STRAW OF OIL FLAX**

A. Tihosova

### *Summary*

**In the article problems of an estimation of quality of oil flax and production received as a result of processing of its stalks are considered, the ways of their solution are mentioned.**

УДК 664.858:634.11

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ВИСОКИМ ТИСКОМ

Громов С.В.,

Кіріченко В.О., к.т.н.

*Донецький національний університет економіки і торгівлі імені  
Михайла Туган-Барановського*

**Анотація** – у статті подано результати аналізу математичного моделювання процесу обробки харчових продуктів високим тиском з метою визначення оптимальної моделі, що дасть змогу описати процес обробки харчових продуктів високим тиском.

**Ключові слова** – високий тиск, математичне моделювання, харчові продукти.

**Постановка проблеми.** Математичне моделювання є найбільш довершеним і ефективним методом моделювання, відкриваючи шлях для застосування сучасних могутніх методів математичного аналізу, обчислювальної математики і програмування при дослідженні і оптимізації технологічних процесів. В даний час кількісні методи дослідження проникають практично у всі сфери людської діяльності, а математичні моделі стають засобом пізнання основних закономірностей реального світу.

Сучасна форма математичного моделювання - це моделювання на комп'ютері. Обчислювальні машини дали засіб для математичного моделювання. Розвиток методів математичного моделювання і оптимізації процесу обробки харчових продуктів високим тиском у поєднанні з широким впровадженням персональних комп'ютерів дозволяють створювати унікальні програми, що дозволяють в автоматизованому режимі моделювати процеси обробки харчових продуктів високим тиском [1].

Поняття математичної моделі винятково широке. Під математичною моделлю процесу обробки харчових продуктів високим тиском, мають на увазі, і наближений опис цього процесу, що дозволяє визначити оптимальні умови його здійснення [2].

Моделювання дозволяє оптимізувати величину тиску, враховуючи напружений стан, умови процесу, проектувати оптимальні технології. Цьому сприяє адекватність моделей

технологічного процесу, а також точний опис поведінки реології продукту в умовах обробки високим тиском.

Центральною проблемою побудови математичної моделі процесу обробки харчових продуктів високим тиском є проблема вибору відповідного методу моделювання. Труднощі, що виникають при цьому, пов'язані з існуючою нелінійністю і громіздкістю багатьох рівнянь [3].

*Аналіз останніх досліджень* з цієї проблеми показав, що до найбільш простих моделей відносять залежності, отримані на основі статистичної обробки експериментальних даних, тобто чисто емпіричні підходи, засновані на узагальненні виробничого досвіду [4].

Такі підходи дають опис і теоретичне обґрунтування методу прямого вимірювання зусилля прикладеного тиску, що дозволяє встановлювати величину зусилля, напрям його дії і величину зміни об'єму продукту при обробці високим тиском.

Проте вирішення проблеми опису процесу обробки високим тиском в даний час не може обмежитися емпіричними підходами. При розробці цього опису на базі загальних досліджень об'єм експериментів стає настільки значним, що їх реалізація виявляється заважкою. У зв'язку з цим розвиток теорії обробки харчових продуктів високим тиском йде у напрямі створення методів достатньо точного кількісного опису процесу з урахуванням великого числа чинників, тобто їх математичного моделювання.

Отже, необхідно використовувати аналітичний метод опису процесу обробки харчових продуктів високим тиском.

*Метою даної статті* є аналіз методів математичного моделювання для визначення оптимальної моделі опису процесу обробки харчових продуктів високим тиском.

*Основна частина.* До найбільш перспективних методів рішення задач обробки харчових продуктів високим тиском слід віднести кінцево-різницеві і варіаційний-сіткові методи. Їх відрізняють універсальність, швидка збіжність і стійкість, наявність розвиненого математичного забезпечення, орієнтованого на сучасні комп'ютери [5].

Варіаційний метод заснований на енергетичному принципі. Він дозволяє визначити не тільки повне і питоме зусилля, але і розподіл напруги за об'ємом продукту, а також форму продукту після обробки високим тиском.

При жорстко-в'язкопластичному аналізі використовується варіаційний метод множника Лагранжа і стандартні процедури методу кінцевих елементів з ітераційною процедурою Ньютона. Він враховує температурні градієнти і вплив швидкості проходження процесу обробки тиском. При цьому також необхідно враховувати результати теоретичного і експериментального визначення силових параметрів, контактного тиску, температур [6].

Методом, що вирішує вказану проблему, в даний час слід вважати проекційний-сітковий метод (метод кінцевих елементів). У своїй методологічній основі цей метод тісно пов'язаний з такими проекційними методами, як метод Галеркина або метод Рітца, проте, замість координатних функцій (тригонометричні функції, поліноми Лежандра, Ерміта і т.д.) в цьому методі як координатні використовуються функції з кінцевим носієм, відмінні від нуля тільки в порівняно невеликій області зміни аргументів.

Метод зводиться до наступного: область розбивається на окремі елементи, в межах цього елемента записується функціональний вираз для кожного з шуканих параметрів системи рівняння, як прості функції координат; прирівнюючи значення у вузлових точках для сусідніх областей, виходять рівняння (системи рівнянь), за допомогою яких визначаються коефіцієнти у функціональних рівняннях.

Шляхом зіставлення експериментальних і розрахункових даних по формозміненню, зусиллю тиску на харчовий продукт можна визначити ефективність методу кінцевих елементів як інструменту для аналізу процесу і його практичної можливості.

Математичне моделювання обробки харчових продуктів високим тиском пов'язане з великими математичними труднощами. Основна проблема - це розмірність завдання. Так, при використанні методу кінцевих елементів рішення тривимірних задач приводить до систем з багатьма сотнями або тисячами невідомих. Рішення таких систем можливе лише на великих комп'ютерах, з високою швидкістю і оперативною пам'яттю.

За допомогою тривимірного методу кінцевих елементів можна визначити пружні характеристики харчових продуктів в процесі обробки їх високим тиском без урахування зміни температури і теплопередачі. Контактна напруга при цьому визначається ітеративним методом. Напруга текучості вважаються функцією деформації і швидкості деформації.

Враховується об'ємний характер епюр контактної напруги. Результати, отримані за допомогою напіваналітичної моделі і методу кінцевих елементів добре узгоджуються між собою.

Метод об'ємних жорстко-пластичних кінцевих елементів також можна використовувати для аналізу процесів обробки харчових продуктів високим тиском. Аналітичну систему можна адаптувати до будь-яких поперечних перетинів і форми продукту.

Метод розрахунку формозмінення при обробці харчових продуктів високим тиском, де використовується систематика методу кінцевих елементів з розбиттям всього об'єму харчового продукту на кінцеве число об'ємних елементів, але математичні операції кожного разу проводяться над великою частиною всього об'єму.

Можна використовувати також основні принципи структурно-матричного підходу до побудови математичної моделі обробки

харчових продуктів високим тиском. Для цього необхідно розробити способи опису форми харчових продуктів різної складності і методи включення в математичну модель, в одноманітній матричній формі, технологічних характеристик і зв'язків між ними. Для прискорення реалізації математичних моделей на комп'ютері і поліпшення якості програм, часто використовується об'єктна модель, яка завдяки особливостям структурно-матричного підходу дозволяє моделювати технологічні схеми обробки харчових продуктів високим тиском з використанням об'єктної класифікації.

При використанні векторної моделі формування геометричних розмірів харчових продуктів необхідно здійснювати лінеаризацію початкових залежностей, зокрема, залежність зусилля тиску від параметрів технологічного процесу. Пошук рішення багатокритеріальної задачі за визначенням параметрів технологічного процесу доцільно вести з урахуванням реальних можливостей управління цими параметрами.

Метод граничних елементів заснований на аналітичному фундаментальному рішенні, яке свідомо точно задовольняє диференціальним рівнянням рівноваги, а напруга визначається з однаковою точністю. При цьому метод граничних елементів володіє більшістю тих характеристик, завдяки яким став популярний цей метод.

Поверхня харчового продукту при цьому методі розбивається на лінійні граничні елементи, впродовж кожного з яких вважаємо постійною поверхневу напругу. Як змінні, що підлягають визначенню, можуть розглядатися напруги на поверхні елементу.

В системі лінійних алгебраїчних рівнянь, щодо невідомих граничних параметрів, в класичному варіанті, метод граничних елементів має повністю заповнену матрицю.

Початкова область, відповідна оброблюваному продукту, ділиться на декілька зон (які можна трактувати як суперелементи), в кожній з них величина умовної в'язкості постійна. Потім поверхня кожної зони розбивається на граничні елементи і послідовно для кожної зони розглядається лінійно-в'язке краєве завдання. Для граничних елементів, що не контактують з сусідніми зонами, невідомими є дві з чотирьох компонент напруги, а інші дві задані у вигляді граничних умов. Для граничних елементів, що контактують з парними елементами сусідніх зон, невідомими є всі чотири компоненти, проте для них є умови безперервності напруги на суміжних елементах, які додаються в систему рівнянь алгебри.

Примітно, що більшість алгоритмів ітераційного уточнення величин тиску, розроблених для методу кінцевих елементів, не придатні для моделі на основі методу граничних елементів. Це пов'язано з тим фактом, що рішення, отримане методом граничних елементів, свідомо точно задовольняє диференціальним рівнянням



рівноваги. Ця обставина дозволяє збільшити точність розрахунку напруги.

На основі цього ж методу можна створити нову математичну модель процесу обробки харчових продуктів високим тиском з нелінійною реологічною моделлю. Описаний підхід дозволить істотно підвищити точність розрахунку, в порівнянні з широко використовуваним методом, кінцевих елементів, особливо, при визначенні виразів. Можна вирішувати задачі по зміні двофазних харчових продуктів, що ілюструють переваги запропонованої моделі в порівнянні з кінцевими елементами.

Для прогнозування розподілу температури в оброблюваному продукті, також може бути використаний тривимірний метод граничних елементів.

Всі описані методи в переважній більшості пов'язані з існуючою нелінійністю, громіздкістю обчислень, складною геометрією області підвищення тиску. Прямі рішення систем диференціальних, диференціально-інтегральних рівнянь в більшості випадків здійснити неможливо, тому виникає необхідність використовувати авторегресійні методи.

Ці методи придатні для обробки не тільки стаціонарних рядів (тобто рядів, що характеризуються постійним у часі маточікуванням, постійною дисперсією й незмінними автокореляційними властивостями), але й стаціонарних тимчасових рядів, що мають, стаціонарні збільшення (підвищення тиску під час обробки харчових продуктів).

Моделі цього класу поліноміальних моделей мають більшу гнучкість у порівнянні зі звичайними моделями поліноміальної регресії, оскільки більше свіжим даним дається велика вага, а застарілі враховуються в меншому ступені.

Для опису моделей уведемо наступні оператори й позначення:

$Z_t$  – значення ряду в момент часу  $t$ ;

$B$  – оператор зрушення назад;

$$BZ_t = Z_{t-1}, B^m Z_t = Z_{t-m} \quad (1)$$

$$Z_t = Z_t - Z_{t-1} = (1 - B)Z_t \quad (2)$$

Передбачається, що часовий ряд  $Z_t, t = 1, 2, \dots, m$ , можна представити у вигляді лінійної комбінації минулих значень послідовних випадкових і незалежних збільшень тиску  $a_t$ , тобто:

$$Z_t = \mu + a_t + \psi_1 a_{t-1} + \psi_2 a_{t-2} + \dots \quad (3)$$

де  $a_t$  - незалежні випадкові імпульси, що мають нульове маточікування і дисперсію  $\sigma_a^2$ .

Параметри  $\psi_1, \psi_2$  передбачаються незмінними в часі, а параметр  $\mu$  має значення середнього, біля якого коливаються значення тиску.

**Висновки:** аналіз моделей математичного прогнозування показав, що найбільш придатними для опису процесу обробки харчових продуктів високим тиском є авторегресійна модель.

Перспективами подальших досліджень в цьому напрямі є побудова математичної моделі процесу обробки харчових продуктів високим тиском.

#### Література

1. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием / А.Б. Горстко - М.: Знание, 1991. – 145 с.
2. Математическое моделирование: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Эндрюса, Р. Мак-Лоуна.-М.: Мир, 1979. – 354 с.
3. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: Пер. с англ. Т. 1,2.-М.: Мир, 1990. – 134 с.
4. Введение в математическое моделирование. Под ред. Трусова П.В. // М.: "Интернет Инжиниринг", 2000.- 336 с.
5. Информатика: Учеб. пособие для студ. пед. вузов / А.В.Могилев, Н.И.Пак, Е.К.Хеннер; Под ред. Е.К.Хеннера.- М.:Изд.центр "Академия", 2000.-816 с.
6. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Учеб. пособие / Гмурман В. Е. - 7-е изд., доп. - М.: Высш. шк., 2003. - 405с.: ил.

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Громов С.В., Кириченко В.О.

**Аннотация** - в статье поданы результаты анализа математического моделирования процесса обработки пищевых продуктов высоким давлением с целью определения оптимальной модели, что даст возможность описать процесс обработки пищевых продуктов высоким давлением.

### MATHEMATICAL SIMULATION OF PROCESS OF TREATMENT OF FOOD PRODUCTS BY HIGH PRESSURE

S. Gromov, V. Kirichenko

#### *Summary*

**In the article the results of analysis of mathematical simulation of process of treatment of food products by high pressure are given with the purpose of determination of optimum model which will enable to describe the process of treatment of food products by high pressure.**

УДК 677.11

## НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ПРИГОТУВАННЯ ЛЛЯНОЇ ТРЕСТИ

Лисих А.Ю., аспірант

*Херсонський національний технічний університет*

Тел/факс (0552) 51-71-72

**Анотація** – робота присвячена сучасним технологіям приготування лляної трести у штучних умовах. Розглянуті питання стосовно пошуку оптимальних параметрів процесу приготування трести та застосування речовин для його прискорення.

**Ключові слова** – льоносолома, сланцева технологія, спосіб приготування льонотрести, фізико-механічні показники лляної трести.

**Постановка проблеми.** У процесі перетворення льоносоломи в тресту найбільш розповсюдженим способом руйнування пектинових речовин є біологічний, котрий здійснюється в процесі розстилу льону. Цей спосіб заснований на життєдіяльності деяких видів мікроорганізмів, що синтезують пектолітичні ферменти, за допомогою яких розкладаються пектинові речовини до більш простих, що засвоюються мікроорганізмами в процесі їхньої життєдіяльності.

Для того, щоб пектиноруйнівні мікроорганізми інтенсивно розмножувалися на розстеленій льоносоломі необхідне наявність сприятливих атмосферних умов.

Розстил льону здійснюють на льонищі з підсівом трав, що забезпечують кращі умови процесу вилежування. На розстеленій, тонким шаром, льоносоломі в аеробних умовах починають розмножуватися мікроорганізми. Велику роль, при вилежуванні трести, грають гриби *Cladosporium herbarum* Link, *Alternaria*, *Colletotrichum lini* і бактерії *Clostridium macegaus*.

Для здійснення нормального процесу вилежування, вологість розстеленої соломи повинна бути в межах 50÷60%, а середньодобова температура 14÷20°C.

Грибні культури і мікроорганізми проникають у стебло через дрібні тріщини, досягаючи паренхімної тканини і там починають розвиватися, виділяючи ферменти. За допомогою ферментів

здійснюються розпад пектинових речовин, у результаті чого послабляються і руйнуються зв'язки між луб'яними пучками і навколишніми їх тканинами.

Багаторічна практика застосування росяної мочки показує, що найбільш сприятливі умови вилежування льонотрести бувають у серпні, коли середньодобова температура відповідає оптимальній, а сам процес супроводжується випаданням рясних рос.

Це сприяє тому, що процес вилежування, початий у серпні, протікає в найбільше короткий термін і складає 20-30 діб. Більш пізній розстил, у вересні і жовтні, сприяє збільшенню тривалості процесу вилежування приблизно вдвічі з одночасним зниженням номера і відсотка виходу довгого волокна.

Однією з основних умов одержання високоякісного стланцевого волокна є своєчасний підйом трести з льонищ. У недолежаній тресті процес розпаду пектинових речовин проходить недостатньо, що спричиняє зниження якості трести і волокна, а у перележаній втрачається міцність волокна.

В основному аргументи на користь альтернативної тепловодної мочки в порівнянні з розстилом – це залежність процесу розстилу від погодних умов, що часто приводять до кількісних і якісних втрат врожаю, необхідність займати під розстил соломи землю, що у випадку використання лугів під стелища скорочує пасовищні можливості, а при розстилі на льонищі відповідно затримує осінню оранку; збіг термінів підйому трести після розстилу зі збиранням інших культур.

Узагальнюючи інформацію про переваги і недоліки стланцевої технології можна відзначити, що зведення суперечливі і не дають можливість встановити перспективи переробки соломи в тресту, тобто, якій технології стланцевій або моченцевій віддати перевагу.

**Аналіз останніх досліджень.** Відомо, що з метою удосконалення процесу одержання льонотрести був розроблений спосіб приготування трести льону, де льоносолому сформовану у паковку, зволожували водою до вологості 100÷120 %, з температурою оточуючого середовища і завантажували у ємність з укриттям без доступу повітря. Вентилювання відбувалось відпрацьованою анаеробною газовою сумішшю в закритому просторі. Тривалість процесу приготування трести льону становила 4-5 діб [3].

Однак недоліком цього способу є низька якість трести льону та волокна виробленого з неї. Це пояснюється тим, що за відсутністю кисню процес проходить з само розігрівом, на стеблах льону розвивається патогенна, целюлозоруйнівна мікрофлора, яка приводить до втрати міцності волокна. Корисна пектиноруйнівна мікрофлора при цьому пригнічена і тому волокно лубоподібне.

Відомий також нетрадиційний промисловий спосіб приготування лляної трести розроблений Білоруськими вченими. Цей спосіб заснований на твердофазній ферментації льоносоломи. Процес твердофазної ферментації являє собою спрямоване культивування бактерій роду *Erwinia*, що синтезують пектолітичні ферменти, що можуть бути використані в харчовій промисловості.

Використання активного продуцента і нових технічних рішень при здійсненні способу дозволяє одержати малу тривалість процесу, маловідходну технологію з незначними витратами тепла й електроенергії. Спосіб дозволяє зберегти міцнісні властивості волокна, додати йому рівномірне світле фарбування. Для твердофазної ферментації використовується стандартна льоносировина будь-якого селекційного сорту.

Використовувані штами *Erwinia* не є патогенними для людини і тварин, ростуть у широких інтервалах температур (25-37 °С) на дешевих мінеральних середовищах, є стабільними мутантами по регуляторних генах.

Наявність бактерій у стічних водах не ускладнює процедуру їхнього знезараження.

Спосіб приготування льонотрести передбачає:

- вирощування посівного матеріалу
- приготування культуральної рідини
- формування пакувань льоносоломи і завантаження їх у камері
- зволоження пакувань льоносоломи
- нанесення культуральної рідини на льоносолому
- твердофазну ферментацію льоносоломи
- промивання готової льонотрести

Економія електроенергії здійснюється за рахунок попередньої обробки льону в польових умовах, скорочення технологічного процесу. Але цей спосіб не знайшов практичного застосування тому, що волокно за своїми якісними властивостями аналогічне моченцевому, яке як правило за якістю поступається сланковому, а наявність стічних вод потребує застосування у даній технології очисних споруд, що приводить до збільшення загальних витрат.

Ретельний патентний пошук по способах приготування трести дозволив нам ознайомитися з іншими способами, що з аналогічної причини не знайшли застосування у виробництві.

Таким чином можна зробити висновок, що треба шукати простий і мало затратний спосіб приготування лляної трести.

**Постановка завдання.** Було висунуто припущення про те, що є можливість одержати тресту льону у штучних умовах способом зволоження льоносоломи, але без використання великої кількості води та відсутності очисних споруд, які застосовуються у технології

тепловодного мочіння льоносоломи. Цей процес здійснюється аналогічно росяному мочінню, але за рахунок того, що він керований, середовище штучне і здійснюється доступ кисня з зовнішнього повітря, створюються сприятливі умови для пектиноруйнівної мікрофлори. Є також можливість застосовувати різні речовини, які б прискорювали процес мацерації стебел та була б виключена ситуація коли ці речовини можуть вимиватись з стебел атмосферними осадками.

Відомо, що лігнін розділяється на два компоненти – лігнін "Ф" і лігнін "М". Слід відзначити, що лігнін "Ф" являє собою лужнонестійку фракцію, а – лігнін "М" – лужностійку. Однак ці компоненти додають різні властивості клітинним стінкам. Наявність компонента "М" у якійсь мірі надає позитивну дію, він додає міцність оболонкам, але при цьому вони зберігають свою еластичність. Компонент "Ф" надає негативний вплив, робить клітинні стінки твердими і тендітними.

Це дає можливість припустити, що застосування лужного середовища у вигляді рідини, якою буде зволожуватися льоносолома, дозволить якоюсь мірою зруйнувати небажаний лігнін "Ф". Крім того, лужне середовище сприятливе для пектиноруйнівної мікрофлори.

**Основна частина.** Для проведення досліджень були сформовані паковки льоносоломи маса, кожної з яких при вологості сировини  $W = 9,5 \%$  становила 2,0 кг. Кількість повторностей у кожному варіанті дослідів дорівнювала трьом. Щільність льоносоломи у паковках становила  $90 \text{ кг/м}^3$ .

З попередніх дослідів відомо вплив розчину сечовини на життєдіяльність пектиноруйнівної мікрофлори, яку застосовували для зрошення льоносоломи під час її розстилу на льонищі. Тому у наших дослідах для зволоження льоносоломи застосовували 5% водний розчин сечовини, але з різним показником активної кислотності. Для контролю іншу льоносолому зволожували водою також з різним показником активної кислотності, який змінювався у межах  $\text{pH } 3 \div 11$  з інтервалом 2.

Льоносолома зволожувалась до вологості  $W = 100\%$ , витримувалась на протязі 3,4 і 5 діб у герметичній камері з обмеженим доступом зовнішнього повітря при температурі  $t = 30^\circ\text{C}$  і відносній вологості  $\varphi = 95\%$ .

Після проведених дослідів одержана лляна треста була піддана аналізу з метою визначення її фізико-механічних властивостей та якості.

Методи оцінки якості лляної трести, що включені в діючі стандарти, базуються на зв'язку показників основних фізичних властивостей трести з її якістю.

Фізико-механічні показники лляної трести представлені у табл. 1, 2.

Таблиця 1- Фізико-механічні показники лляної трести ( зволоження льоносоломи розчином сечовини, К=5%)

Варіант дослідю		Тривалість процесу, доба								
		3			4			5		
		Відокремлюваність, ть,	Гнучкість, мм	Міцність, кгс	Відокремлюваність, од.	Гнучкість, мм	Міцність, кгс	Відокремлюваність, ть,	Гнучкість, мм	Міцність, кгс
розчин сечовини, К= 5 %	1. Показник активної кислотності рН 3	2,6	17	17,4	3,0	22	16,4	3,2	28	15,8
	2. Показник активної кислотності рН 5	3,1	21	17,0	3,5	28	15,6	3,7	33	14,6
	3. Показник активної кислотності рН 7	3,4	25	16,7	3,8	31	15,1	4,0	41	13,8
	4. Показник активної кислотності рН 9	3,8	30	16,2	4,0	34	15,0	4,2	43	13,5
	5. Показник активної кислотності рН 11	3,6	28	16,4	3,8	32	15,1	4,1	42	13,7

Аналізуючи результати застосування розчину сечовини з різними показниками активної кислотності слід відзначити, що прийнятним за показником відокремлюваності є варіант, де льоносолому зволожували розчином сечовини з показником активної кислотності рН 9 при тривалості процесу 5 діб і який складає 4,2 од. Показник гнучкості волокна – 43мм також найвищий у цьому варіанті.

Вплив активної кислотності на процес приготування трести свідчить, що кисле середовище негативно впливає на пектиноруйнівні мікроорганізми і по мірі зростання цього показника у бік лужного середовища його інтенсивність зростає. Але при рН 11 спостерігається уповільнення цього процесу і це свідчить про те, що якщо лужне середовище має значний показник рН, який перевищує рН 9, то це в деякій мірі знижує інтенсивність процесу мацерації стебел льону.

Таблиця 2 - Фізико-механічні показники лляної трести  
( зволоження льоносоломом водою, контроль)

Варіант досліджу	Тривалість процесу, доба								
	3			4			5		
	Відокремлюваність, ність,	Гнучкість, мм	Міцність, кгс	Відокремлюваність, од.	Гнучкість, мм	Міцність, кгс	Відокремлюваність, од.	Гнучкість, мм	Міцність, кгс
1. Показник активної кислотності води рН 3	2,3	21	17,0	2,6	25	16,8	2,9	31	16,7
2. Показник активної кислотності води рН 5	2,4	23	16,5	3,1	29	16,0	3,6	34	15,4
3. Показник активної кислотності води рН 7	3,3	26	16,1	3,7	33	14,8	4,2	43	13,2
4. Показник активної кислотності води рН 9	3,5	28	15,8	3,9	38	14,2	4,4	46	13,0
5. Показник активної кислотності води рН 11	3,2	26	16,0	3,7	34	14,4	4,1	42	13,3

Як було вказано вище у досліджах для порівняння застосовувався контроль. Результати проведеного аналізу трести (табл. 2) свідчать, що подібна динаміка зміни фізико-механічних показників спостерігається і при зрощенні водою. Також здійснюється зростання показника відокремлюваності при підвищенні активної кислотності зволожуючої речовини від показника кислого до лужного. В інтервалі показника активної кислотності від рН 7 до рН 11 включно маємо найвищий показник відокремлюваності 4,4 од. і гнучкості волокна 46 мм у варіанті, де рН 9.

**Висновки.** Встановлено, що рідина з показником активної кислотності рН, 9 у порівнянні з іншими варіантами добродійно впливає на життєдіяльність пектиноруйнівних мікроорганізмів.



Порівнюючи дані наведені у табл. 1 і 2 можна зробити висновок, що застосування в якості зволожуючої речовини сечовини у даних дослідах не сприяє прискоренню процесу приготування трести льону у штучних умовах. Тому є необхідність продовжувати дослід з пошуку рідини, яка б була живильним середовищем для пектиноурейнівних мікроорганізмів.

#### Література

1. *Марков В.В.*. Первичная обработка лубяных волокон / В.В. Марков, Н.Н. Суслов, В.Г. Трифонов. – М.: Лёгкая индустрия, 1974. – 416 с.
2. *Справочник по заводской первичной обработке льна* / Под общ. ред. В.Н. Храмцова. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. – 512 с.
3. *Валько В.М.* Удосконалення способів приготування лляної трести штучним рошенням : Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.03 / ХДТУ . / В.М. Валько.– Херсон, 2001. – 20 с.
4. *Живетин В.В.* Лен и его комплексное использование / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург, О.М. Ольшанская. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.

### НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЛЛЯНОЙ ТРЕСТЫ

Лисих А.Ю.

**Аннотация** - работа посвящена современным технологиям приготовления лляной тресты в искусственных условиях. Рассмотрены вопросы относительно поиска оптимальных параметров процесса приготовления тресты и применение веществ для его ускорения.

### THE NEWEST TECHNOLOGIES OF BIOLOGICAL PREPARATION OF LINEN TRUSTS

A. Lisyih

#### *Summary*

**Work is devoted to modern technologies of preparation of linen trusts in artificial conditions. Questions concerning search of optimum parameters of process of trusts preparation and applications of substances for its acceleration are considered.**

УДК 621.694.3

## **ПРИНЦИПОВІ СХЕМИ УСТАНОВОК З ГІДРОСТРУМИННИМИ І ЛОПАТЕВИМИ НАСОСАМИ**

Ломейко О.П., к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 44-81-00

Кулінченко В.Р., д.т.н.,

Деменюк О.М., к.т.н.

*Національний університет харчових технологій*

Тел. (044) 287-96-49

***Анотація*** – в роботі розглядаються різні варіанти типових схем сумісної роботи відцентрових і струминних насосів, які дозволяють поліпшити технологічні показники як відцентрових, так і струминних насосів.

***Ключові слова*** – установки, гідроструминні насоси, лопатеві насоси, принципова схема, тиск.

***Постановка проблеми.*** Сумісне використання гідроструминних і лопатевих насосів дозволяє створити широке розмаїття автономних установок різного призначення, які суттєво збільшують можливості використання насосів.

***Аналіз останніх досягнень.*** При сумісному використанні з іншими типами насосів гідроструминні апарати дозволяють:

- відкачувати рідину відцентровими насосами, розташованими на поверхні землі, з глибоких шахт, свердловин і колодязів;
- збільшувати допустиму висоту всмоктування відцентрових насосів (збільшувати кавітаційний запас) під час роботи їх на гарячих, перегрітих і легко киплячих рідинах;
- транспортувати із важкодоступних місць корозійні, абразивні токсичні і інші забруднені рідини;
- змінювати у широких межах робочі і кавітаційні характеристики відцентрових, вихрових і інших типів насосів (збільшувати у разі необхідності створюваний насосами напір чи подачу);
- здійснювати вакуумний водовідвід і водопониження як на будівництві, так і при постійному дренаванні споруд;

- відкачувати повітря із всмоктувальних трубопроводів і внутрішніх порожнин насосів, які самі не можуть всмоктувати рідини при їх пуску, а також постійно підтримувати насоси під заливом у стані готовності до пуску;
- змішувати між собою і розчиняти різні рідини, гази і тверді речовини;
- отримувати стисле повітря (струминні гідрокомпресори) та ін.

**Постановка завдання.** На основі аналізу літературних джерел встановити існуючі варіанти типових схем сумісної роботи відцентрових і струминних насосів, які дозволяють поліпшити технологічні показники, як відцентрових так і струминних насосів.

**Основна частина.** На рис.1 наведені схеми деяких установок з лопатними і гідроструминними насосами. Установка, наведена на рис.1,а, призначена для відкачування рідин з великої глибини відцентровим насосом, який розташовано на поверхні землі. Відцентровий насос 2 подає рідину в посудину 1 і далі споживачу чи на скидання. Одночасно частина рідини подається по відгалуженню від напірного трубопроводу насоса в сопло гідроструминного насоса 3, яке розташовано під шаром відкачуваної рідини, чи на певній висоті відносно її поверхні. Коли робоча рідина проходить через сопло гідроструминного насоса, вона підсмоктує рідину з джерела (резервуара) 4 і подає її у всмоктувальний патрубок відцентрового насоса. У подальшому цикл роботи повторюється.

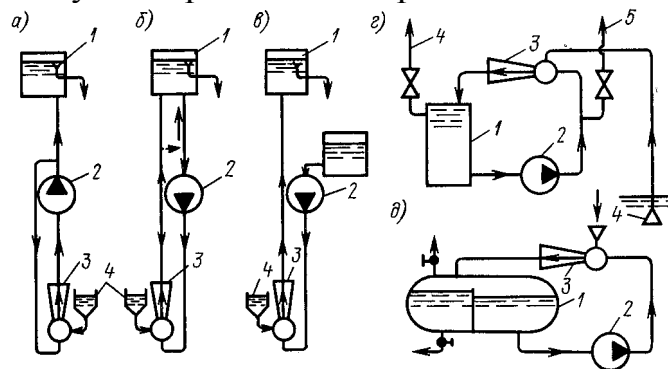


Рис.1. Приклади схем установок з гідроструминними і лопатевими насосами

Таким чином, гідроструминний насос у цій установці виконує роль бустера (від англійського boost – підіймати, підвищувати тиск), який приводиться в дію струменем робочої рідини, створюваним відцентровим насосом. Тому що частина витрат рідини, яка перекачується відцентровим насосом, постійно циркулює через гідроструминний насос, то подача рідини у посудину 1 менше подачі насоса. Але це дозволяє збільшити загальний напір установки і

підіймати рідину з глибини, яка у декілька разів перевищує допустиму вакуумметричну висоту всмоктування відцентрового насоса 2.

Установка, схема якої наведена на рис.1,б, також призначена для відкачування рідини насосом, який розміщений на поверхні землі, з глибини, що перевищує вакуумметричну висоту всмоктування відцентрового насоса. Відмінність цієї установки від установки на рис.1,а криється у схемі підключення насоса 2. У даному випадку цей насос всмоктувальним патрубком підключений до бака 1. Усі витрати рідини, які перекачуються насосом 2, підводяться до робочого сопла гідроструминного насоса 3. Гідроструминний насос підсмоктує рідину з резервуара 4 і подає сумарний потік у бак 1. З цього бака частина витрат рідини йде до споживача, а інша частина повертається на циркуляцію в насос 2. Всмоктувальний трубопровід відцентрового насоса 2 і нагнітальний трубопровід від гідроструминного насоса 3 можна з'єднати між собою. Тоді нагнітальний трубопровід до бака стає непотрібним. Циркуляційні витрати рідини будуть відразу повертатися до відцентрового насоса.

Установка на рис.1,в призначена для відкачування токсичних чи агресивних рідин з великої глибини з важкодоступних місць. У зв'язку з тим, що після змішування з робочою рідиною, яка подається насосом 2, з рідиною, що відкачується гідроструминним насосом 3 з резервуара 4, суміш також стає токсичною (агресивною), циркуляція рідини в установці не передбачена, і вся рідина спрямовується у резервуар 1.

Установки наведені на рис.1,б,в можуть використовуватися при водопониженні з ежекторними голчатими фільтрами [1]. У цьому разі гідроструминний насос (ежектор) є конструктивною частиною голчатого фільтра, зануреного в ґрунт на необхідну глибину. За допомогою ежектора у ґрунті створюється вакуум, який сприяє інтенсивній відкачці води. У процесі пониження рівня води з ґрунту в голчатий фільтр починає відсмоктуватися повітря. Тому використовувати установку за рис.1,а для водопониження у сполученні з голчатими фільтрами не можна, тому що повітря, яке потрапляє з ежектора 3 у відцентровий насос 2, може викликати зрив його роботи і виникненню у системі нестационарного процесу (гідравлічного удару). Для запобігання потрапляння повітря до відцентрового насоса між ним і гідроструминним насосом можна ставити розподільчу посудину.

Установка, схема якої наведена на рис.1,г, може виконувати ряд функцій. Перед усім вона може використовуватися як вакуумна водовідливна установка. Під час роботи насоса 2 він забирає рідину з посудини 1 і подає її до робочого сопла гідроструминного насоса 3. Гідроструминний насос створює необхідне для всмоктування рідини з

джерела 4 розрідження. Відсмоктування гідроструминним насосом рідини разом з робочою подається в бак 1. Рідину з системи можна відводити двома способами.

У першому з них рідина після наповнення бака 1 буде відводитися трубопроводом 4. При цьому тиск у трубопроводі 4 дорівнює тиску, який створюється гідроструминним апаратом 3. Цей тиск передається у всмоктувальний патрубок насоса 2, внаслідок чого збільшується тиск біля сопла гідроструминного насоса 3 і, як наслідок, покращуються умови праці гідроструминного насоса у порівнянні з його установкою у відкритій (без циркуляційній) схемі.

Другим способом подачі (видалення) рідини з системи є транспортування її трубопроводом 5. У цьому випадку рідина з системи буде відводитися з більш високим тиском, ніж у першому випадку. Тиск у трубопроводі 5 складається з тиску, створюваного насосом 2, і тиску, який виникає в посудині 1 за рахунок роботи гідроструминного насоса. Але цей вигаш у тиску призводить до зменшення подачі рідини установкою. На відміну від першого випадку, через робоче сопло струминного апарата проходить не вся подача насоса 2, а тільки її частина, тому що певна кількість рідини відводиться трубопроводом 5.

Відмічені особливості роботи установки дозволяють використовувати її як перетворювач характеристики відцентрового насоса (рис.1,з). При відведенні витрат трубопроводом 4 подача агрегата може перевищувати кількість рідини, що проходить через насос 2. Це буде мати місце при коефіцієнті підсмоктування гідроструминного апарата  $u > 1$ . Тиск у напірному трубопроводі 4 буде меншим тиску, створюваного насосом 2, на величину втрат у гідроструминному насосі 3. Далі покажемо, що за малих відносних витрат, коли повна подача агрегата  $Q_{нов} < 0,1Q_{нас}$  (де  $Q_{нас}$  – подача насоса), тиск, створюваний агрегатом, перевищує тиск насоса. При  $Q_{нов} / Q_{нас} \rightarrow 0$  відношення тисків становить  $p_{нов} / p_{нас} \approx 2,2$ . У той же час, якщо відводити рідину трубопроводом 5, то тиск у цьому трубопроводі буде більшим, ніж створюється насосом 2, на величину підпору у посудині 1.

У схемі перетворювача (рис.1,з) не обов'язково мати у наявності посудину 1. Установка цієї посудини тільки збільшує стійкість роботи агрегата при коливаннях витрат у джерелі живлення чи у споживача. Установки зібрані за схемою рис.1,з можуть працювати не тільки при перекачуванні (відкачуванні) рідин. Їх можна використовувати також як вакуумні установки для відкачування повітря (газу) [2]. У цьому випадку трубопровід 4 необхідно з'єднати з атмосферою, а всмоктувальний патрубок гідроструминного апарата приєднати до об'єкту, у якому необхідно створювати вакуум. Відкачуване повітря

буде разом з рідиною надходити у посуд 1, де відокремлюється від нього, виходить в атмосферу.

У вакуумних водовідливних установках зібраних по схемі рис.1,г [3] інколи монтують паралельно два гідроструминних апарата 3. Один з них відкачує рідину (воду), другий – повітря (газ).

Установка зображена на рис.1,д, представляє собою гідрокомпресор струминного типу. Вона працює аналогічно попередній. Відмінність криється у тому, що гідроструминний апарат 3 стискує повітря в посудині 1 до заданого тиску і подає його споживачу. Не дивлячись на те що струминні гідрокомпресори мають більш низький ККД, ніж поршневі, шестеренні і інші типи компресорних машин, вони більш надійні у роботі, створюють значно менше шуму. Крім цього, повітря що подається ними у певній мірі очищається під час контакту з водою і не містить нафтопродуктів, які у механічних компресорах виносяться від деталей, які змащуються.

Велике розмаїття схем установок з гідроструминними і відцентровими насосами, які використовуються і можуть бути використані на практиці, можна звести до декількох принципових схем.

У схемах, зображених на рис.2,а,б, корисна подача відбирається після гідроструминного насоса 3 із циркуляційного бака 2. У схемі з циркуляційним баком установка може перекачувати не тільки рідину, але й газ (повітря), тобто працювати у режимі струминного вакуум-насоса чи струминного компресора. У цьому випадку баки 1 і 4 необхідно замінити на інше обладнання (наприклад, ресиверами).

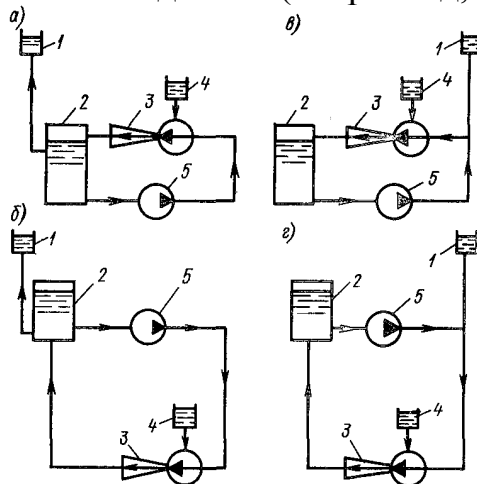


Рис.2. Принципові схеми циркуляційних установок з гідроструминними і лопатевими насосами: а, б – з відбором корисних витрат рідини після струминного насоса; в, г – з відбором корисних витрат рідини до струминного насоса; 1 – бак споживача; 2 – циркуляційний бак; 3 – гідроструминний насос; 4 – джерело рідини (приймальна посудина установки); 5 – відцентровий насос

Схема на рис.2,б відрізняється від схеми на рис.2,а тим, що в ній гідроструминний насос 3 розташований на відносно більш низьких геодезичних відмітках, ніж насос 5. Тому схема на рис.2,б відповідає установкам для подачі рідини з великої глибини, насос в яких розташований на поверхні землі (рис.1,б). Схема на рис.2,а відповідає установці (рис.1,г) при відборі рідини з циркуляційного бака трубопроводом 4.

У схемах на рис.2,в,г відбір корисної подачі відбувається перед гідроструминним насосом (після відцентрового насоса). Схема на рис.2,в відповідає установці з відбором корисних витрат рідини трубопроводом 5 (рис.1,г), а схема на рис.2,г – установці для підймання рідин з великих глибин (рис.1,а). Варто відмітити, що установки, які виконані за схемами на рис.2,в,г, не можуть працювати на газі (повітрі) навіть при наявності циркуляційного бака 2. Це пояснюється тим, що середовище яке відбирається з системи повинно проходити через відцентровий насос.

Установки ж з циркуляційним баком, які виконані за схемами на рис.2,а,б, можуть працювати і після повної відкачки рідини з приймальної посудини 4. У цьому випадку гідроструминний апарат відсмоктує повітря і подає його в циркуляційний бак 2 і далі на викид. При поновленні подачі рідини у приймальну посудину установка дозволяє продовжувати її відкачування. В установках за схемами на рис.2,в,г така робота можлива тільки у тому випадку, якщо на період припинення притоку рідини у приймальну посудину 4 подача рідини в бак 1 буде припинена. Це може бути виконано, наприклад, з допомогою перекриття відвідного трубопроводу засувкою з автоматичним приводом чи поплавковим клапаном, який ставиться у циркуляційному баку.

У тих випадках, коли циркуляційна установка призначена тільки для перетворення робочих чи кавітаційних характеристик відцентрових насосів (збільшення корисної подачі чи корисного напору, збільшення кавітаційного запасу), наявність циркуляційного бака у системі є необов'язковим. Схеми таких установок з гідроструминними насосами для перетворення характеристик відцентрових (а також інших типів) насосів наведено на рис.3.

Установки, наведені на рис.3,а,б (з відбором рідини після струминного насоса) дозволяють збільшити корисну подачу  $Q_{кор}$  у порівнянні з подачею відцентрового насоса  $Q_{нас}$ , а установки з відбором рідини до струминного (після відцентрового) насоса (рис.3,в,г) дають можливість збільшувати корисний напір у порівнянні з напором відцентрового насоса.

Розглянемо інші можливі випадки принципових схем установок з гідроструминними і відцентровими насосами (рис.4).

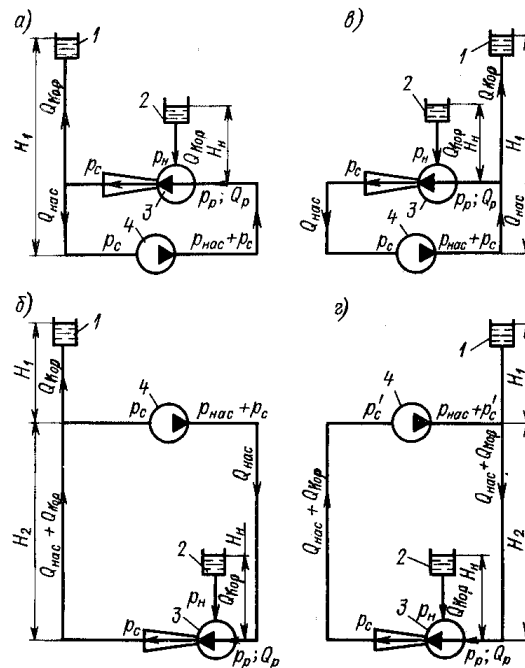


Рис.3. Принципові схеми установок для перетворення  $H - Q$  характеристик відцентрових насосів: а, б – з відбором корисних витрат рідини після струминного насоса; в, г – з відбором корисних витрат рідини до струминного насоса; 1 – посудина споживача рідини; 2 – приймальний посуд установки; 3 – гідроструминний насос; 4 – відцентровий насос

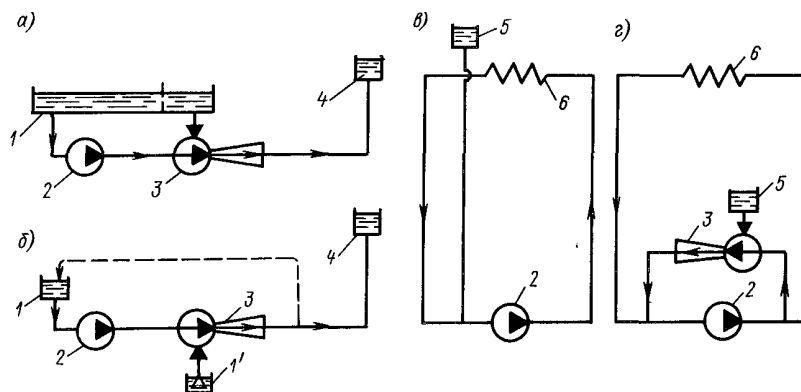


Рис.4. Варіанти принципів схем установок з гідроструминними і відцентровими насосами: а – схема двоструминної насосної установки; б – схема установки для гідравлічного транспортування твердих матеріалів; в – циркуляційна схема охолодження обладнання; г – циркуляційна схема охолодження обладнання з гідроструминним бустерним насосом; 1, 1' – приймальні посудини; 2 – відцентровий насос; 3 – гідроструминний насос; 4 – посудина споживача рідини; 5 – бак-розширювач; 6 – технологічне обладнання

Схема на рис.4,а в основному призначена для перекачування забруднених рідин [4]. Рідина, яка містить тверді домішки, подається



до правої частини приймальної посудини 1. Звідси вона проходить до лівої секції, відокремленої від правої фільтром, наприклад сіткою. Під час роботи установки відцентровий насос 2 забирає відносно чисту рідину з лівої секції приймальної посудини 1 і подає її в робоче сопло гідроструминного насоса 3, який забирає забруднену рідину з правої частини посудини 1. Цим самим не допускається забруднення відцентрового насоса. Крім цього, сумісне використання відцентрового і гідроструминного насосів збільшує корисну подачу установки, яка складається з подачі відцентрового насоса  $Q_{нас}$  і гідроструминного  $uQ_{нас}$  насосів, тобто  $Q_{нов} = (1 + u)Q_{нас}$ .

На рис.4,б наведена схема установки для гідротранспорту твердих речовин. Принцип дії цієї установки аналогічний установці, зображеній на рис.4,а. Відцентровий насос 2 забирає з резервуара 1 робочу рідину і подає її в робоче сопло гідроструминного насоса 3. Останній підсмоктує гідросуміш з резервуара 1' (резервуаром 1' може служити завантажувальний бункер, який здійснює сухе завантаження твердої речовини) і подає її до споживача 4. У деяких випадках частина робочої рідини після відокремлення від неї твердих речовин може повертатися до приймальної посудини 1 для повторного використання, зворотний трубопровід показаний на рис.4,б штриховою лінією.

На рис.4,в,г для порівняння наведені дві схеми циркуляційних систем, призначених, наприклад, для охолодження технологічного обладнання.

Схема на рис.4,в є традиційною. Бак-розширювач 5 призначений для компенсації температурних деформацій викликаних рідиною, що циркулює в системі, а також для підтримання на вході в насос необхідного надкавітаційного напору. Для усунення кавітації бак-розширювач 5 повинен ставитися на достатньо високій геодезичній відмітці у порівнянні з насосом 2, що не завжди можливо, наприклад у суднових і інших умовах.

Схема, наведена на рис.4,г, ліквідує названий недолік. У цьому випадку бак-розширювач 5 установлений на всмоктувальному патрубку гідроструминного насоса 3, який включений у розрив трубопроводу, що сполучає напірний і всмоктувальний патрубки насоса 2. Гідроструминний насос 3, який забирає у початковий період роботи невелику кількість рідини з бака-розширювача 5 і нагнітає її у замкнену систему, збільшує тиск на всмоктуванні насоса 2 (а значить і у всій системі) до необхідної величини. При цьому бак-розширювач можна розміщувати на більш низьких геодезичних відмітках, ніж у схемі, наведеній на рис.4,в.

**Висновки.** Таким чином, встановлені та узагальнені існуючі варіанти типових схем сумісної роботи відцентрових і струминних

насосів, які дозволяють поліпшити технологічні показники як відцентрових так і струминних насосів.

Література:

1. *Григорьев В.М.* Вакуумное водопонижение / В.М. Григорьев. М.: Стройиздат, 1973.– 223 с.
2. *Лямаев Б.Ф.* Применение водо-воздушных эжекторов для откачки воздуха из центробежных насосов / Б.Ф. Лямаев // Водоснабжение и санитарная техника, 1966, №10.– С. 11-13.
3. *Смородинов М.И.* Водо-понижительные установки / М.И. Смородинов. - М.: Стройиздат, 1984.– 117 с.
4. *Надысев В.С.* Двухструйная канализационная насосная станция / В.С. Надысев // Водоснабжение и санитарная техника, 1964, №2.– С. 11-13.
5. *Кулінченко В.Р.* Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: Підручник / В.Р. Кулінченко. К.: “ІНКОС”, Центр навчальної літератури, 2006.– 616 с.
6. *Соколов Е.Я.* Струйные аппараты. 2-е издание / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. М.: Энергия, 1970.– 288 с.
7. *Рудник В.П.* Преобразователь характеристики центробежного насоса / В.П. Рудник. К.: Будівельник, 1970.– 112 с.

## **ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УСТАНОВОК ИЗ ГИДРОСТРУЙНЫХ И ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ**

Ломейко О.П., В.Р. Кулинченко, О.М. Деменюк

**Аннотация** - в работе рассматриваются разные варианты типичных схем совместимой работы центробежных и струйных насосов, которые позволяют улучшить технологические показатели как центробежных, так и струйных насосов.

## **PRINCIPLE SCHEMES OF HYDRO-JET AND BLADE PUMP PLANTS**

A. Lomejko, V. Koulintchenko, O. Demeniuk

### **Summary**

**Various model schemes of blade and jet pumps compatible functioning are considered in the article that make it possible to improve technological rates of both blade-centrifugal and hydro-jet pumps.**

УДК 631.333

## УМОВИ РОБОТИ ФРЕЗЕРНО-ЛОПАТЕВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОМПСТОГОТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ У ФАЗІ ПЕРЕМІЩЕННЯ

Ковязин О.С., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-24-36

Ляшенко О.О., інженер.

*Інститут механізації тваринництва УААН*

Тел. (061) 286-53-23

**Анотація** – отримано теоретичні рівняння, що розкривають характер силових навантажень, які виникають у процесі взаємодії матеріалу з фрезерно-лопатевими робочими органами компостоготувальної машини у фазі переміщення.

**Ключові слова** – фрезерно-лопатевий робочий орган, фаза переміщення, максимальна швидкість руху компостоготувальної машини.

**Постановка проблеми.** Обґрунтування та вибір раціональних параметрів фрезерно-лопатевих робочих органів компостоготувальної машини потребує дослідження умов їх роботи у фазі переміщення для визначення кінематичних обмежень та енергетичних затрат.

**Аналіз останніх досліджень.** Основні конструкційні особливості робочих органів компостоготувальної машини та результати теоретичних досліджень впливу конструктивних і режимних параметрів викладені в роботах [1-3]. Але цими працями не розкрита динаміка взаємодії з матеріалом фрезерно-лопатевих робочих органів компостоготувальної машини. У роботі [4] отримані теоретичні залежності, що описують взаємодію з матеріалом робочих органів компостоготувальної машини у фазі завантаження. Ця стаття є логічним продовженням роботи [4].

**Формулювання цілей статті.** Метою роботи є теоретичне описання взаємодії з матеріалом робочих органів у фазі переміщення для визначення конструктивно-технологічних параметрів компостоготувальної машини.

**Основна частина.** Процес взаємодії лопаті компостоготувальної машини з матеріалом можна умовно розділити

на три фази (рисунок 1): фаза завантаження матеріалом (їй відповідає кут  $\varphi_1$ ) [4]; фаза переміщення матеріалу по приймальній плиті (їй відповідає кут  $\varphi_2$ ); фаза розвантаження матеріалу на конвеєр (їй відповідає кут  $\varphi_3$ ).

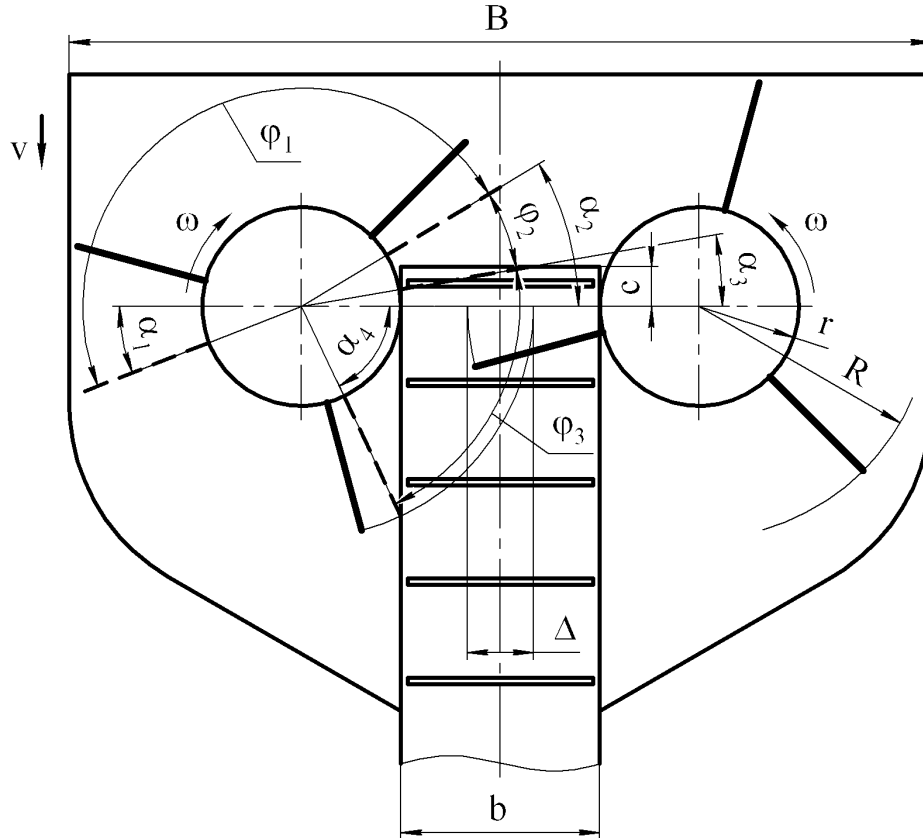


Рис.1. Фази взаємодії лопаті з матеріалом

Як видно з рисунка 1 час дії фази переміщення

$$t_2 = \frac{\alpha_2 - \alpha_3}{\omega}.$$

Кут відділення матеріалу

$$\alpha_2 = \arccos \frac{r + b/2}{R},$$

де  $r$  – радіус захисного кожуха;

$b$  – ширина транспортера;

$R$  – радіус ротора.

Кут початку розвантаження

$$\alpha_3 = \arcsin \frac{c}{R},$$

де  $c$  – вихід транспортера за вісь ротора.

Відокремлений від моноліту матеріал переміщатиметься по приймальній плиті і лопаті ротора. Розглянемо рух матеріалу для цієї фази (рис. 2).

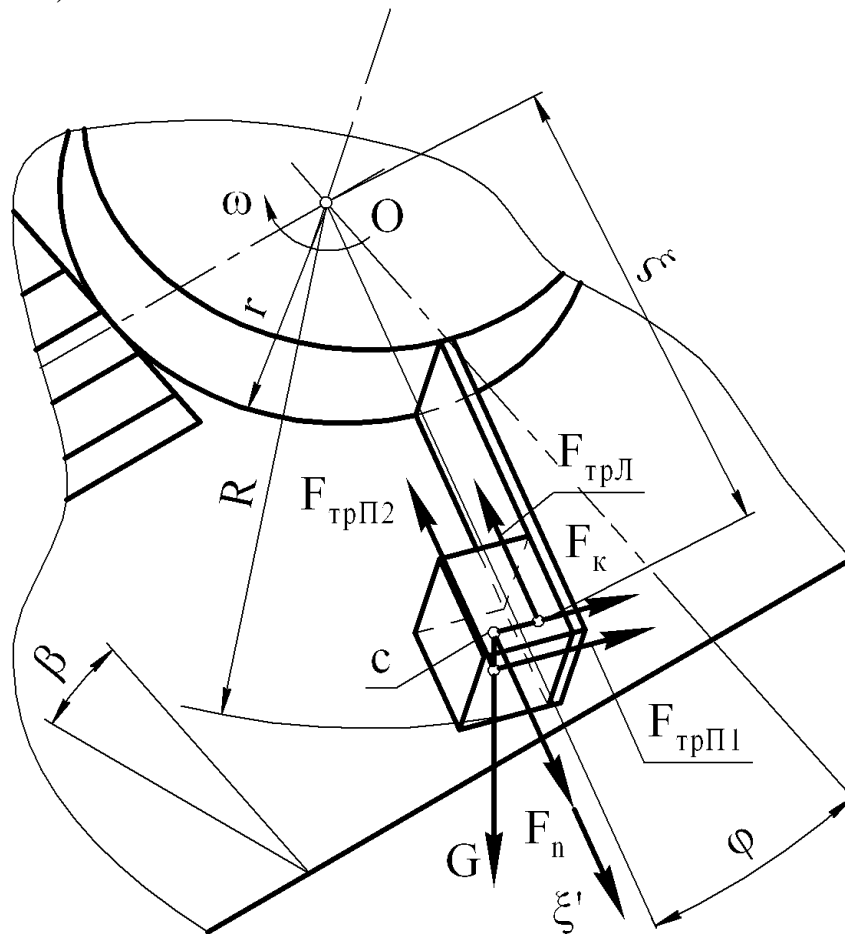


Рис.2. Розрахункова схема для фази переміщення

Матеріал масою  $m$  рухається по приймальній плиті і по лопаті, яка обертається з кутовою швидкістю  $\omega$  навколо осі ротора  $O$ . Потрібно записати рівняння руху матеріалу по поверхні лопаті.

Диференціальне рівняння руху матеріалу по поверхні лопаті в загальному випадку має вигляд

$$m\xi'' = F_i. \quad (1)$$

На матеріал діятимуть наступні сили:

1) сила тяжіння  $G = mg$ . Проекція цієї сили на лопать

$$G_n = mg \sin \beta \sin(\alpha_2 - \alpha), \quad (2)$$

де  $\beta$  – кут нахилу приймальної плити до горизонту;

2) відцентрова сила

$$F_n = m\omega^2 \xi; \quad (3)$$

3) сила Коріоліса

$$F_{\kappa} = 2m\omega\xi'; \quad (4)$$

4) сила тертя матеріалу по приймальній плиті, що виникає внаслідок обертання лопаті, яка направлена перпендикулярно лопаті

$$F_{mpIII} = fmg \cos \beta, \quad (5)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя матеріалу по робочих органах машини (приймаємо однаковими для плити і лопаті);

5) сила тертя матеріалу по приймальній плиті, що виникає внаслідок руху матеріалу уздовж лопаті, яка направлена паралельно лопаті

$$F_{mpII2} = fmg \cos \beta; \quad (6)$$

6) сила тертя матеріалу по лопаті

$$F_{mpI} = f( F_{\kappa} + F_{mpIII} + G \sin \beta \cos( \alpha_2 - \omega t ) )$$

або з урахуванням (4) і (5)

$$F_{mpI} = f(2m\omega\xi' + fmg \cos \beta + mg \sin \beta \cos( \alpha_2 - \omega t )). \quad (7)$$

Підставивши вирази сил з (2), (3), (6) і (7) в (1) після перетворень одержимо диференціальне рівняння руху матеріалу по лопаті для фази переміщення

$$\xi'' + 2f\omega\xi' - \omega^2 \xi = -g[ \sin \beta( \sin( \omega t - \alpha_2 ) + f \cos( \omega t - \alpha_2 ) ) + \cos \beta( f + f^2 ) ]. \quad (8)$$

Початковими умовами для фази переміщення (при  $t = 0$ ) будуть

$$\xi_{02} = \xi_{01} + s_1;$$

$$\xi'_0 = \xi'_1,$$

де  $\xi'_1$  – швидкість матеріалу щодо лопаті в кінці фази завантаження.

Вирішивши це рівняння, одержимо

$$\begin{aligned} \xi = & \left[ A + B( 2f \cos( \omega t - \alpha_2 ) + ( 1 - f^2 ) \sin( \omega t - \alpha_2 ) ) \right] \frac{g}{\omega^2} + \\ & + \frac{e^{\omega t(\sqrt{1+f^2}-f)}}{2\omega^2 \sqrt{1+f^2}} \left[ \xi'_1 \omega + Cg + D( \xi_{02} \omega^2 - Eg ) \right] + \\ & + \frac{e^{-\omega t(\sqrt{1+f^2}+f)}}{4\omega^2 (1+f^2)^{3/2}} \left[ F( Gg + 2( 1 + f^2 ) \xi_{02} \omega^2 ) - 2( 1 + f^2 ) \xi'_1 \omega \right], \end{aligned} \quad (9)$$

де  $A = f( 1 + f ) \cos \beta$ ;

$$B = \frac{\sin \beta}{2(1 + f^2)};$$

$$C = -\frac{(2f \sin \alpha_2 + (1 - f^2) \cos \alpha_2) \sin \beta}{2(1 + f^2)};$$

$$D = \sqrt{1 + f^2} + f;$$

$$E = f(1 + f) \cos \beta + \frac{(2f \cos \alpha_2 - (1 - f^2) \sin \alpha_2) \sin \beta}{2(1 + f^2)};$$

$$F = \frac{1}{f + \sqrt{1 + f^2}};$$

$$G = ((\sqrt{1 + f^2} - f(1 + f^2 + f\sqrt{1 + f^2})) \cos \alpha_2 + (1 + f^2 + 2f\sqrt{1 + f^2}) \sin \alpha_2) \sin \beta - 2f(1 + f)(1 + f^2) \cos \beta.$$

Переміщення матеріалу від центру ротора за час переміщення

$$s_2 = \xi_2 - \xi_1,$$

де  $\xi_2$  – положення матеріалу на лопаті в кінці фази переміщення.

Тоді, задавшись чисельними значеннями параметрів ( $\beta = 30$  град.,  $f = 0,8$ ;  $R = 0,63$  м,  $r = 0,27$  м,  $b = 0,55$  м) можна визначити, як впливає швидкість руху машини на переміщення матеріалу по лопаті для фази переміщення. Результати представимо у вигляді таблиці 1, рисунків 3 і 4.

Таблиця 1 – Положення матеріалу на лопаті і переміщення матеріалу по лопаті в кінці фази переміщення при різних швидкостях руху машини

$v$ , м/с	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24
$\xi_2$ , м	0,52	0,53	0,53	0,54	0,54	0,60	0,72	0,82
$s_2$ , м	0	0	0	0,01	0,01	0,07	0,19	0,29

Як видно з графіка (рис.4) при прийнятих параметрах критична швидкість руху машини для фази переміщення  $v_{кр2}$  складає приблизно 0,13 м/с. Цій швидкості відповідає  $\omega_{кр2} = 5,39$  рад/с.

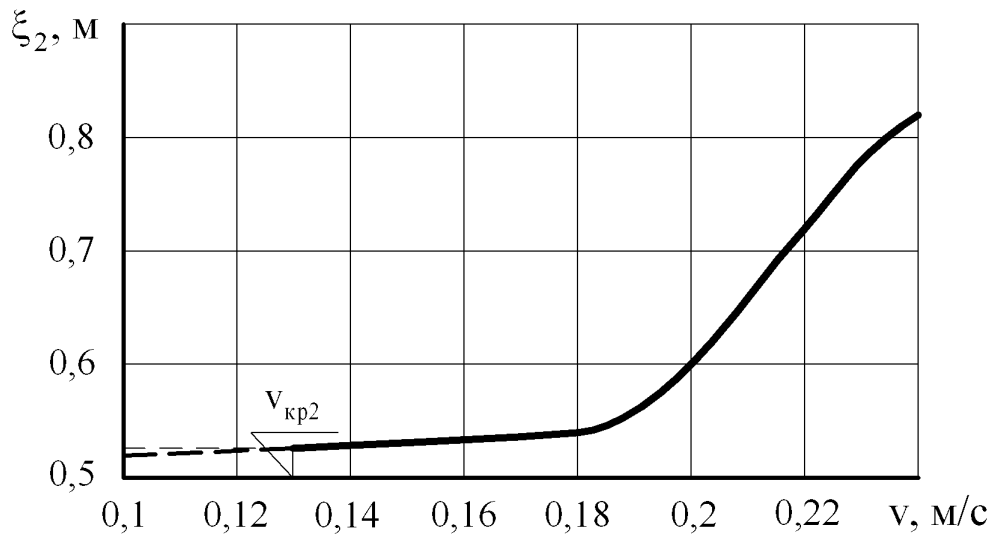


Рис.3. Графік залежності положення матеріалу на лопаті в кінці фази переміщення від швидкості руху

машини

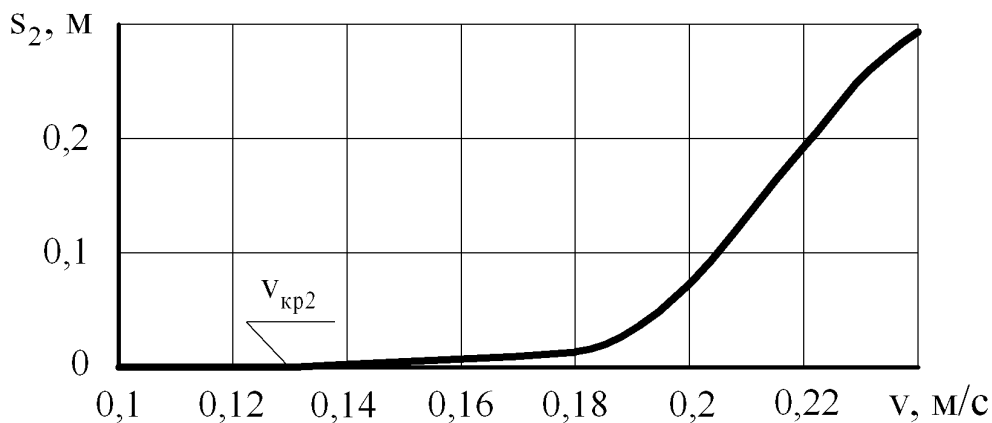


Рис.4. Графік залежності переміщення матеріалу по лопаті в кінці фази переміщення від швидкості руху машини

**Висновки.** Визначено положення матеріалу на лопаті компостоготувальної машини як функції часу, геометричних і кінематичних параметрів машини, а також фізико-механічних властивостей матеріалу.

Встановлено, що для прийнятих параметрів ( $\beta = 30$  град.,  $f = 0,8$ ;  $R = 0,63$  м,  $r = 0,27$  м,  $b = 0,55$  м) критична швидкість руху машини для фази переміщення  $v_{кр2}$  складає приблизно  $0,13$  м/с. Цій швидкості відповідає  $\omega_{кр2} = 5,39$  рад/с.

#### Література

1. Змішувально-завантажувальний орган компостоприготувальної машини: Декл. пат. на корисну модель № 8399. Україна. МКІ В65G



65/20 / О.О.Ляшенко. - № 2004097291; Заявлено 06.09.2004; Опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8. – 3 с. іл.

2. *Ляшенко А.А.* Об особенностях кинематики рабочих органов фрез для погрузки навоза / А.А. Ляшенко, А.И. Сорокин // Науч.-техн. бюлл. ЦНИПТИМЭЖ. – Запорожье: Тип. изд-ва «Коммунар», 1984. Вып. 20. – С. 55-67.

3. *Шевченко І.А.* Теоретичний аналіз впливу конструктивних і режимних параметрів робочих органів на продуктивність компостоготувальної машини / І.А. Шевченко, О.О. Ляшенко // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: Зб. наук. праць Інституту механізації тваринництва Української академії аграрних наук. – Запоріжжя: ІМТ УААН, 2008. – Вип. 1. – С. 3-11.

4. *Ляшенко О.О.* Теоретичне дослідження процесу змішування компонентів за допомогою компостоготувальної машини / О.О. Ляшенко, О.С. Ковязин // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип. 8. – Т. 6. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 127-134.

## **УСЛОВИЯ РАБОТЫ ФРЕЗЕРНО-ЛОПАСТНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМПОСТОПРИГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ В ФАЗЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ**

Ковязин А.С., Ляшенко А.А.

**Аннотация** - получены теоретические уравнения, которые раскрывают характер силовых нагрузок, возникающих в процессе взаимодействия материала с фрезерно-лопастными рабочими органами компостоприготовительной машины в фазе перемещения.

## **TERMS OF WORK OF MILLING-BLADES WORKERS ORGANS OF COMPOST PREPARATION MACHINES IN THE MOVING PHASE**

A. Kovyazin, A. Lyashenko

### **Summary**

Theoretical equalizations, which expose character of the power loadings which arise up in the process of material co-operation with the milling-blades working organs of compost preparation machine in the moving phase, are got.

## Зміст

	стор.
<i>Малкіна В.М., Ялпачик В.Ф.</i> <b>Моделювання процесу деформації у ягоді винограду при заморожуванні</b> .....	3
<i>Заплетніков І.М., Владіміров С.В.</i> <b>Теоретичні передумови створення об'ємних дозаторів круп</b> .....	9
<i>Погребняк В.Г., Перкун І.В.</i> <b>Підвищення флокуліруючої здатності макромолекул при освітленні фруктових соків</b> .....	15
<i>Горач О.О., Тіхосова Г.А., Чурсіна Л.А.</i> <b>Перспективи комплексного використання льону олійного</b> .....	30
<i>Янаков В.П., Ялпачик Ф.Ю.</i> <b>Анализ интенсификации приготовления теста</b> .....	40
<i>Гвоздєв О.В., Котенко В.І.</i> <b>Методы повышения технического уровня и качества машин и оборудования перерабатывающей отрасли</b> .....	48
<i>Червінський Л.С., Сторожук Л.О., Петриченко С.В.</i> <b>Дослідження тенденцій застосування нових нових технологій переробки зерна</b> .....	60
<i>Гвоздєв О. В., Аблогін А. М.</i> <b>Аналіз конструкцій гравітаційних змішувачів</b> .....	61
<i>Чернишов С.О., Єрмоменко Д.О., Лебедєв І.М.</i> <b>Використання компресійної технології для отримання дистильованої води</b> .....	75
<i>Гвоздєв О.В., Барсуков С.С.</i> <b>Теоретичне обґрунтування параметрів дозатора безперервної дії циліндричним робочим органом</b> .....	81
<i>Шпиганович Т.О., Ялпачик О.В.</i> <b>Перспективні концепції розробки технологічного обладнання зернопереробних виробництв АПК</b> .....	91
<i>Самойчук К.О.</i> <b>Зниження піноутворення при протитечічно-струменевій гомогенізації молока</b> .....	99
<i>Фалько О.Л., Коваленко А.В., Смельянов О.З.</i> <b>Аналітичне визначення оптимальних геометричних параметрів сходинок робочого органу</b> .....	107
<i>Бойко В.С., Спаї В.Ф.</i> <b>Дослідження процесу перемішування рідких середовищ у лопатевих мішалках різних конструкцій</b> .....	114
<i>Гвоздєв В.О.</i> <b>Удосконалювання технологічного процесу приготування комбикормів</b> .....	122
<i>Фучаджи Н.О.</i> <b>Сучасний стан та перспективи удосконалення техніки і технології виробництва олії</b> .....	130

<i>Пархоменко В.Д., Пархоменко А.П.</i> Теоретичне обґрунтування форми отворів у поршні-ударнику гомогенізатора збурюючого типу.....	136
<i>Бутко Д.А., Циб В.Г.</i> Деякі аспекти управління безпекою праці в тваринництві реформованих господарств.....	142
<i>Олексієнко В.О., Фучаджи Н.О. Коваленко О.О.</i> Визначення раціональних параметрів робочих органів та режимів роботи відцентрової лушильної машини.....	148
<i>Клевцов К.М., Соколов О.А.</i> Доцільність використання дезінтегратора для переробки відходів тіпання.....	153
<i>Резвих Н.І., Ляліна Н.П., Чурсіна Л.А.</i> Мінливість фізико-механічних властивостей статурних типів однодомних конопель.....	157
<i>Сай В.А., Кузьміна Т.О.</i> Аналіз втрат стеблової частини льону ну олійного згідно існуючих технологій збирання.....	162
<i>Тіхосова Г.А.</i> Оцінка якості волокна, лубу та соломи льону олійного.....	168
<i>Громов С.В., Кіріченко В.О.</i> Математичне моделювання процесу обробки харчових продуктів високим тиском.....	173
<i>Лисих А.Ю.</i> Новітні технології біологічного приготування лляної трести.....	179
<i>Ломейко О.П., Деменюк О.М., Кулинченко В.Р.</i> Принципові схеми установок з гідроструминними і лопатевими насосами.....	186
<i>Ковязин О.С., Ляшенко О.О.</i> Умови роботи фрезерно-лопатевих робочих органів компостоготувальної машини у фазі переміщення.....	195

Наукове фахове видання

Праці Таврійського державного агротехнологічного  
університету

Випуск 10. Том 1.

Свідотство про державну реєстрацію – Міністерство юстиції  
13503-2387 ПР від 03.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – Ялпачик Ф.Ю.

---

Підписано до друку 5.02.2010 р. друк Rizo. Друкарня ТДАТУ.  
11,8 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.  
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10  
тел. (06192) 6-88-38