

УДК 664. 65

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ БАРАБАННОГО ПРОСІЮВАЧА БОРОШНА

Самойчук К.О., к.т.н.,

Котенко В.І., к.т.н.,

Макарова Ю.Ю., магістрант

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619) 42-13-06

**Анотація** – у статті розроблена конструкція і проведені експериментальні дослідження роботи завантажувального бункера барабанного просіювача борошна, що дозволяє знизити енерговитрати та покращити якість просіювання.

**Ключові слова** – просіювання, дослідження, просіювач борошна, експеримент, розрахунок.

*Постановка проблеми.* Хлібопекарська промисловість у нашій країні є однією з ведучих галузей харчової промисловості. На переробних підприємствах борошно, цукор, крупи та інші сипучі продукти надходять у різній тарі - мішках, картонних коробах, що веде до їх засмічення механічними домішками. Відомо, що для відокремлення сторонніх домішок застосовують машини для просіювання. Просіювання – це відділення механічних домішок, розпушення і насичення продукту повітрям [1].

Останнім часом на Україні стало з'являтися все більше власників малих переробних підприємств харчової промисловості. Такі підприємства не розраховані на великий об'єм переробки, здатні випускати невелику кількість продукції та користуються сировиною, яку майже повністю виробляють самі [2]. Значною проблемою для цих підприємств є підбір обладнання, тому що важка промисловість випускає незначну кількість машин харчової промисловості з невеликою продуктивністю. Тому вдосконалення просіювачів для малих підприємств з метою зниження енерговитрат та підвищення продуктивності є важливою задачею переробної та харчової промисловості.

*Аналіз останніх досліджень.* Просіювання є механічним процесом розділення сировини на фракції за їх розмірами - прохід і схід. Операція просіювання сировини носить контролюючий характер, яка одночасно сприяє розпушенню та аерації [3].

На переробних підприємствах застосовуються, в основному, просіювачі вібраційні та відцентрові з шнековою подачею [4].

Принцип дії борошнопросіювача вібраційного типу - це вібрація сита, через яке порціями пропускається борошно. Перевагою є висока продуктивність, недоліком - великий шум, підвищений знос сита.

Відцентрові машини зі шнековою подачею використовують на малих підприємствах. Принцип їх дії полягає у тому, що борошно засипається у бункер, шнековим гвинтом подається до сита і просівається. Завдяки цьому відбувається провітрювання, зняття вологості і просіювання борошна, а також його перемішування, розпушування і насичення киснем. Недоліком є низька продуктивність та великі габарити [6].

Проаналізувавши найбільш відомі конструкції просіювачів борошна і виявивши їх недоліки, слід відмітити, що найбільш розповсюдженими на малих підприємствах є просіювачі борошна ПР-100-1, кількість яких складає значну частку в переробній промисловості України. Основним недоліком просіювача є конструкція стряхуючого бункера, який створює значний шум при роботі і, завдячуючи ударним навантаженням на кулачки барабана, швидкий їх знос. Конструкція просіювача не передбачає регулювання його продуктивності. Тому метою даної роботи є розробка нової конструкції завантажувального бункера, що дозволить знизити енергетичні витрати, збільшити рівномірність подачі та підвищити ергономічність конструкції.

*Формулювання мети та задач дослідження.* Мета роботи – вдосконалення завантажувального бункера, що забезпечить у процесі просіювання зниження енергетичних витрат, підвищення продуктивності за рахунок підвищення рівномірності подачі сировини у просіювач.

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- аналітично обґрунтувати параметри та конструкцію завантажувального бункера;

- обрати методику проведення експериментальних досліджень, визначити фактори та критерії оптимізації процесу на вдосконаленому просіювачі борошна;

- провести експериментальні дослідження стосовно оптимізації конструктивних параметрів завантажувального бункера.

*Основна частина.* У роботі [3] приведені розрахунки продуктивності, пропускнуєї спроможності ситової поверхні барабана та потужності просіювача.

Секундна продуктивність просіювача

$$П = \frac{100}{3600} = 0,1 \text{ кг} / \text{с}.$$

Загальна площа ситової поверхні барабана просіювача,  $F_c$

$$F_c = \frac{0,07}{0,33} = 0,30 \text{ м}^2.$$

Необхідна потужність на подолання тертя у підшипниках,  $N_1$

$$N_1 = \frac{(793,8 + 196) \cdot 0,15 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot 28}{100 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт}.$$

Потужність на підняття борошна,  $N_2$

$$N_2 = \frac{196 \cdot 0,325 \cdot 28}{25 \cdot 100} = 0,085 \text{ кВт}.$$

Сумарна необхідна потужність для обертання барабана просіювача,  $N$

$$N = 0,08 + 0,085 = 0,165 \text{ кВт}.$$

З урахуванням ККД приводу ( $\eta = 0,5 - 0,7$ ) необхідна потужність електродвигуна для барабана просіювача,  $N'$

$$N' = \frac{0,08 + 0,085}{0,5} = 0,36 \approx 0,4 \text{ кВт}.$$

Розрахуємо продуктивність і потужність завантажувального бункера просіювача.

Продуктивність завантажувального бункера визначається за формулою

$$Q = \frac{30\pi D^3 n \rho}{\text{tg}(\beta - \alpha)(A + B + \sqrt{K})}, \quad (1)$$

де  $D$  – діаметр циліндра;

$n$  – частота обертання циліндра;

$A, B$  – коефіцієнти, які визначаються дослідним шляхом;

$K$  – коефіцієнт кінематичного режиму.

$$K = \frac{\pi^2 n^2 D}{1800g}, \quad (2)$$

$$K = \frac{3,14^2 \cdot 100^2 \cdot 0,09}{1800 \cdot 9,8} = 0,5.$$

Далі визначаємо частоту обертання циліндра

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{K \cdot g}{D_m}}, \text{ хв.}^{-1}, \quad (3)$$

$$n = \frac{30}{3,14} \sqrt{\frac{0,5 \cdot 9,8}{0,08}} = 75 \text{ хв.}^{-1}$$

$$Q = \frac{30 \cdot 3,14 \cdot 75 \cdot 0,08^3 \cdot 800}{\text{tg}(40-15)(13,75 + 7,33 \cdot \sqrt{0,5})} = 50 \text{ кг/год.}$$

Потужність на привод загрузочного бункера визначається по формулою

$$N = \frac{Q \cdot L \cdot k}{\eta}, \quad (4)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує втрати від опору переміщення продукту в циліндрі,  $k = 1,1 \dots 1,2$ ;

$\eta$  - к.к.д приводу,  $\eta = 0,8 \dots 0,9$ .

$$N = \frac{50 \cdot 0,27 \cdot 1,1}{0,8} = 70 \text{ Вт.}$$

На підставі проведених теоретичних досліджень приймаємо, що найбільш оптимальним режимом роботи загрузочного бункера з  $D=0,08$  м є наступні параметри: частота обертання циліндричного робочого органу  $n=75$  об/хв., кут його нахилу  $\alpha = 10 \dots 20^\circ$ , потужність просіювача в цілому  $N=470$  Вт. При цьому продуктивність вдосконаленого просіювача становить 110 кг/год.

Виходячи з проведеного аналізу теоретичних досліджень був розроблений завантажувальний бункер для просіювача ПР 100-1 (рис.1).

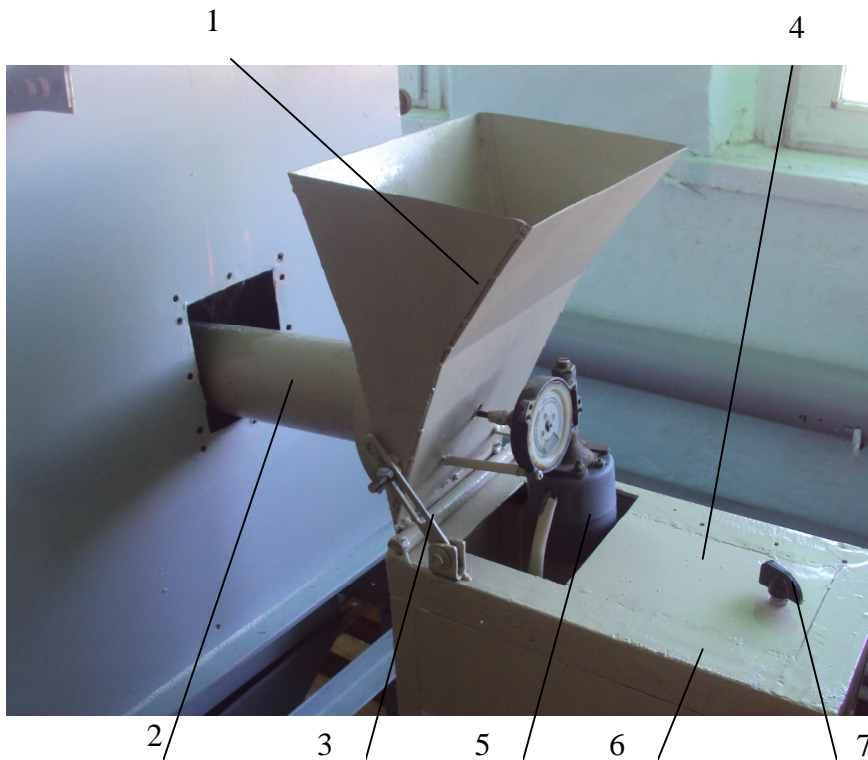


Рис. 1. Конструкція експериментального завантажувального бункера:

1 – бункер; 2 – циліндр; 3 – механізм регулювання кута нахилу циліндра; 4 – редуктор; 5 – електродвигун; 6 – рама; 7 – регулятор частоти обертання циліндра.

Робочим органом бункера є сталевий обертовий циліндр (труба) 2, встановлений на валу із приводом від мотор – редуктора 4. У середині труби є три пластини для запобігання залипання. У бункера 1 передня стінка виконана гнучкою для забезпечення зміни кута нахилу циліндра. Зміна кута нахилу циліндра здійснюється зміною довжини опори 3 вала циліндра.

Працює завантажувальний бункер у такий спосіб: борошно через бункер надходить у робочий циліндр 2, де переміщується за рахунок обертання циліндра. Подачу борошна регулюють зміною кута нахилу циліндра до обрїю, змінюючи довжину опори тяги.

На лабораторній установці вивчали залежність продуктивності від частоти обертання робочого циліндра і кута нахилу робочого циліндра. Фактори, які впливають на процес просїювання:

- частота обертання циліндра завантажувального бункера  $n_{ц}$ , межі варіювання 20-100 об/хв;

- кут нахилу циліндра завантажувального бункера  $\alpha_{ц.} = 20 \dots 40^\circ$ .

Критеріями оптимізації обрано:

- продуктивність  $Q_{пр}$ ;

- потужність (витрати енергії)  $N_{пр}$ ;

- якість (вихід борошна) К.

Таким чином, програмою досліджень передбачено визначення продуктивності, потужності та якості просіювання з вдосконалим завантажувальним бункером.

Згідно з методикою дослідження визначаємо продуктивність просіювача (рис. 2).

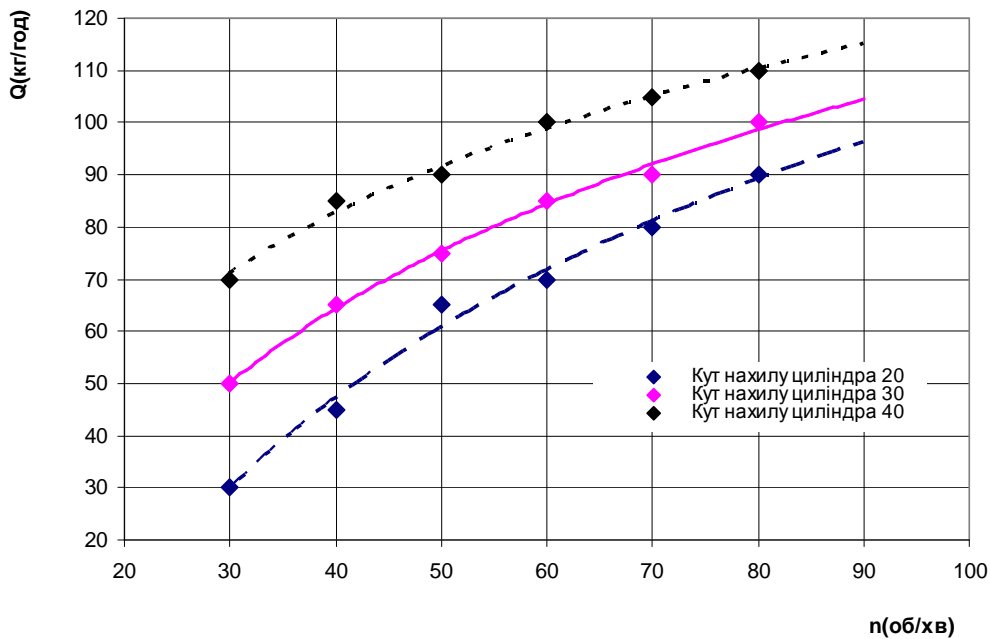


Рис. 2. Графік залежності продуктивності просіювача від частоти обертання і кута нахилу циліндра.

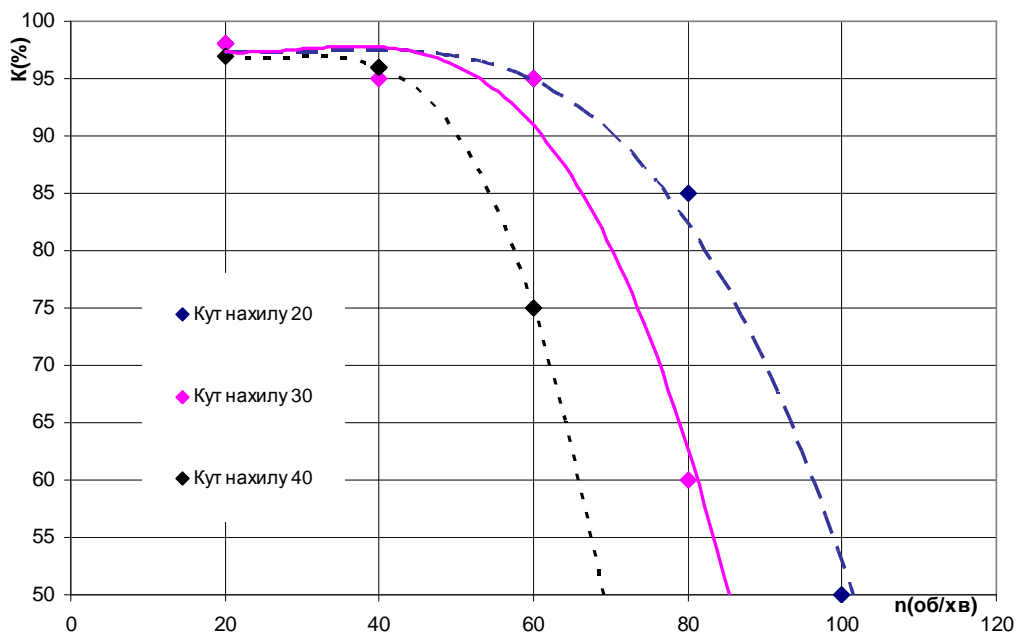


Рис. 3. Графік залежності якості просіяного борошна від частоти обертання і кута нахилу циліндра просіювача.

Аналізуючи графік продуктивності, бачимо, що при частоті обертання 80 об/хв. і куті нахилу  $40^\circ$  продуктивність зростає до 110 кг/год, а при куті нахилу  $20^\circ$  продуктивність падає до 90 кг/год. Це означає, що при збільшенні кута нахилу до певної межі продуктивність буде зростати.

Аналізуючи графік якості просіювання (рис. 3), бачимо, що у діапазоні частот від 50 до 110 об/хв якість просіювання знаходиться у регламентованих вимогами межах 95% ( $>90\%$ ). При подальшому збільшенні частоти обертання циліндру якість швидко погіршується. Це пов'язане з перенавантаженням ситової частини сепаратора, яка не може переробити швидко зростаючу кількість поданого борошна. При збільшенні частоти обертання 110 об/хв і куті нахилу  $20^\circ$  якість знижується до 50%.

Аналізуючи графік потужності (рис. 4), бачимо, що при частоті обертання 80 об/хв. і куті нахилу  $40^\circ$  потужність збільшується до 490 Вт.

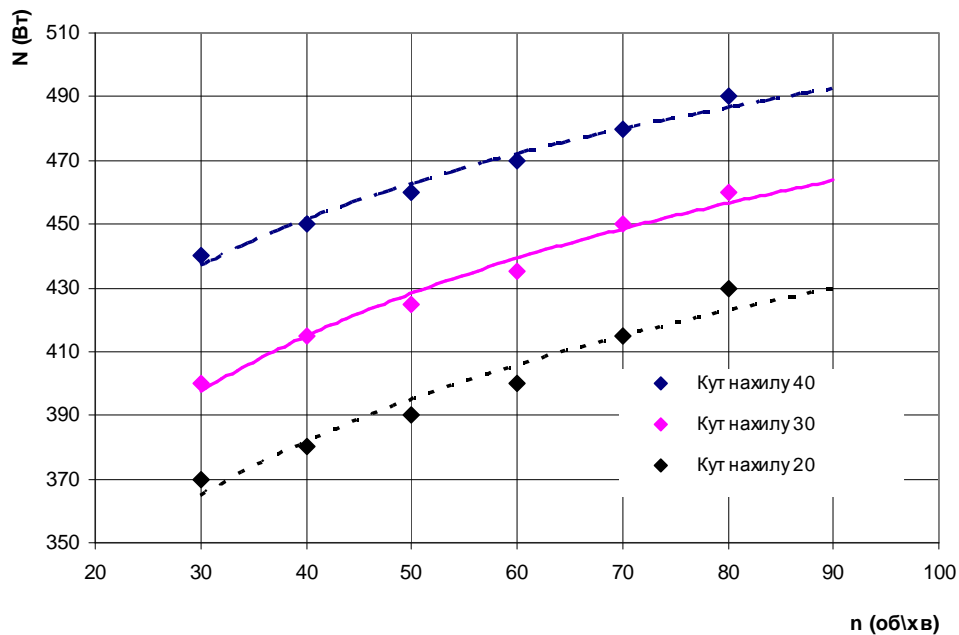


Рис. 4. Графік залежності потужності просіювача від частоти обертання і кута нахилу циліндру.

Визначення шуму при роботі просіювача з розробленим завантажувальним пристроєм не проводилось, але суб'єктивно рівень шуму значно зменшився.

Таким чином, експериментально доведене збільшення продуктивності вдосконаленого просіювача до 110 кг/год, тобто на 10% більше, ніж у прототипу, і зниження потужності на 8%, підвищення його ергономічності завдяки зниженню рівня шуму. Крім того додана можливість регулювання продуктивності просіювача завдяки зміні частоти обертання та кута нахилу його циліндра.

*Висновки.* Розроблений завантажувальний бункер знижує рівень шуму, який виникав при роботі кулачків механізму стряхування бункера. Бункер покращує умови роботи просіювача та поєднує у собі можливість дозування кількості сировини. При цьому знижуються енергетичні витрати на 8%, підвищується продуктивність до 110 кг/год, збільшується рівномірність подачі і збільшується ергономічність конструкції.

Література:

1. *Ауэрман Л. Я.* Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман - М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1994. - 416 с.
2. *Головань Ю. П.* Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий / Ю. П. Головань, Н. А. Ильинский - М. : Пищ. пром-сть, 1990. - 384 с.
3. *Зверева Л.Ф.* Технология и технологический контроль хлебопекарного производства / Л.Ф Зверева, Б.И. Черняков М.: Пищевая промышленность, 1974. – 432 с.
4. *Лисовенко А. Т.* Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования / А. Т. Лисовенко - М. : Лег. пром-сть, 1982 - 208 с.
5. *Назаров Н. И.* Технология и оборудование пищевых производств / Н. И. Назаров и др - М: Пищевая промышленность 1997-352 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННОГО ПРОСЕИВАТЕЛЯ МУКИ**

Самойчук К.О., Котенко В.И., Макарова Ю.Ю.

**Аннотация - в статье разработана конструкция и проведены экспериментальные исследования работы загрузочного бункера барабанного просеивателя муки, что позволяет снизить энергозатраты и улучшить качество просеивания.**

## **INVESTIGATION AND OPTIMIZATION PARAMETERS DRUM SIFTING FLOUR**

K. Samoichuk, V. Kotenko, Y. Makarova

### *Summary*

**In the article the design and experimental investigation of the loading bunker drum sifter flour that can reduce energy consumption and improve screening.**