

## Удосконалення конструкції та режимів роботи хліборізального обладнання

Губеня О.О., Теличкун В.І., Теличкун Ю.С.  
Національний університет харчових технологій

Протягом останнього десятиріччя хлібопекарські підприємства розширили асортимент за рахунок нарізної та запакованої хлібопекарської продукції. Доля нарізаного хліба складає 5 – 10 %. Проте в деяких регіонах, наприклад, Закарпатській області, нарізається практично весь хліб. Дана особливість базується не на бажанні підприємства підвищити рентабельність виробництва, а в основному на уподобаннях та вимогах споживача. Для порівняння: на хлібопекарних підприємствах високої продуктивності Білорусі, Польщі, Російської Федерації нарізається від 30 до 50 % хліба.

При невеликій продуктивності, до 500 хлібин за добу, що притаманно підприємствам малої потужності та пекарням, питання нарізання хліба не є складним. Хліб нарізається на різальних машинах, робочими органами яких є пакет пластинчатих зубчастих ножів, які здійснюють зворотно-поступальний рух з частотою до 500 циклів за хвилину та амплітудою до 40 мм. Хліб перед нарізанням охолоджують та витримують до 4 годин. Більш свіжий хліб при нарізанні на такому обладнанні незворотно деформується при різанні, налипає на ножах, значно викришується. Тому до споживача нарізаний хліб надходить з частковою втратою свіжості. Слід наголосити, що таким способом виготовляється до 80% нарізаного хліба.

На даний час хліборізальне обладнання значно вдосконалено. На великих хлібопекарських підприємствах використовуються різальні машини, робочими органами яких є пакет стрічкових зубчастих ножів, які зварені за кінці та рухаються між двома барабанами (рис. 1).

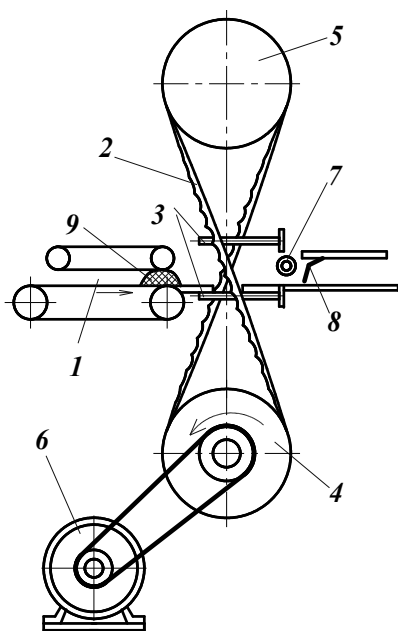


Рис. 1. Хліборізальна машина  
1 – механізм подачі; 2 - стрічкові ножі;  
3 - направляючі ролики; 4, 5 – приводний і натяжний барабани; 6 – привод; 7 – фотодатчик; 8 – механізм переміщення нарізаного хліба, 9 – хліб.

Часто різальна та пакувальна машина з'єднані в один агрегат. Нарізання хліба на такому обладнанні потребує менше ручної праці, машину обслуговує зазвичай один працівник, який подає хліб. Правильно підібрані режимні параметри роботи різального механізму дозволяють нарізати хліб при попередньому витримуванні менше двох годин, забезпечити продуктивність машини до 800 хлібин за годину, мінімізувати викришування хліба та його налипання на ножі.

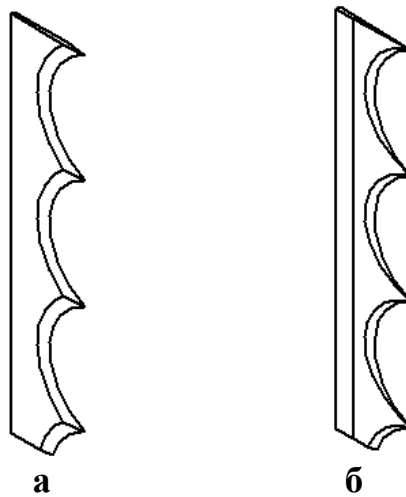
Аналізуючи вимоги споживача та досвід виробництва хлібопекарської продукції в сусідніх державах, можна прогнозувати збільшення виробництва нарізаного хліба.

Не можна оминати те, що в Україні не виготовляється сучасне високопродуктивне хліборізальне обладнання. Технічна та матеріальна база підприємств харчового машинобудування дозволяє налагодити його виробництво. До останнього часу в літературних джерелах були відсутні дані щодо вибору різального інструменту та режимів його роботи. При виготовленні відомими виробниками хліборізального обладнання дане питання вирішувалось (і, найвірогідніше, вирішується) шляхом емпіричного підбору умов різання хліба, що не завжди сприяє вимогам щодо якості нарізання хліба.

Нами всесторонньо досліджене дане питання. Нижче представлені основні результати, які можуть бути корисними для виробників харчового обладнання при проектуванні сучасних різальних машин, в яких хліб нарізається пакетом стрічкових зубчастих ножів, які зварені за кінці та рухаються між двома барабанами

### **1. Вибір різального інструменту.**

При різанні більшості видів хліба доцільно використовувати ножі з зубчастою ріжучою кромкою (рис.2,а). Чим менший кут заточки леза, тим кращі умови різання, менше деформування продукту під кромкою леза. Гостроту леза визначає не його кут заточки, а радіус заокруглення кінчика різальної кромки, який при сучасних методах виготовлення ножів складає близько 20 мкм, і в процесі експлуатації леза збільшується до 30 – 40 мкм (лезо затуплюється). Тверда скоринка, наприклад, як у батона нарізного, призводить до швидкого затуплення леза з малим кутом заточення. В даному випадку ніж необхідно виготовляти двофасковим [2] (рис. 2,б), кут заточки першої фаски – 15 – 25°, другої – 40 - 50°. За таких умов забезпечиться висока зносостійкість леза.



*Рис. 2. Ножі з однофасковою (а) та двофасковою (б) заточкою*

Товщина полотна ножа складає 0.7 – 1 мм. Крок зубців – 9 – 15 мм. Відстань від основи зуба до його вершини – 3 – 7 мм. Для хліба з м'якою скоринкою (наприклад, пшеничного подового 1 гатунку), можна вибирати менші значення розмірів, для батону нарізного, в якого скоринка тверда – більші значення, це усуває можливість руйнування елементів ножа та попадання їх в продукт.

При швидкостях леза в продукті понад 4-5 м/с виникає вібрація всього ножового полотна. При вібрації викривлюється лінія зрізу, хліб надмірно викришується і деформується, а найбільш неприємним явищем є швидке руйнування високовартісних ножів, вузлів та деталей різальної машини. Усувається даний недолік тим, що поруч розміщені зубці виконуються з різним кроком та глибиною, які відповідають вище вказаним межам. Ударні навантаження при такій конфігурації розподіляються під різними кутами на більший об'єм хліба, тим самим запобігаючи вібрації ножа.

## **2. Режимні параметри роботи хліборізального обладнання.**

На основі проведених досліджень встановлено, що при швидкостях леза понад 5 м/с знижується зусилля різання хліба та його деформування продукту під різальною кромкою, що вказує на доцільність роботи обладнання в заданому діапазоні швидкостей. При швидкості леза 5 м/с раціональна швидкість подачі продукту – 50 мм/с.

Обмежують швидкість леза і продуктивність процесу його якісні показники. При певних високих швидкостях леза м'якуш починає інтенсивно викришуватись. Ці швидкості, в свою чергу, залежать від часу витримання хліба перед нарізанням і від питомого навантаження на поверхню контакту. Крім впливу на якість поверхні зрізу, погіршуються органолептичні показники нарізаного хліба.

По рис. 3 визначається граничні швидкості ковзання м'якуша по поверхні леза, при яких виникає вказаний вид браку.

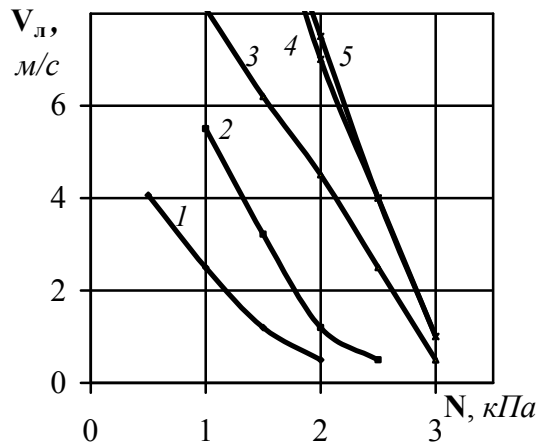


Рис. 3. Вплив питомого навантаження на швидкості ковзання, при перевищенні яких викришується м'якуш.

Час витримування хліба, год: 1-0; 2-1; 3-3; 4-6; 5-24.

Питоме навантаження  $N$  від продукту на поверхню леза визначається так:

$$N = E s = E \frac{s}{B}, \quad (\text{кПа}) \quad (1)$$

де  $E$  – модуль пружності м'якуша,  $\text{кПа}$ ;  $s$ ,  $B$  – відповідно товщини ножового полотна та шматка продукту,  $\text{мм}$ .

Модуль пружності м'якуша визначається згідно емпіричного рівняння:

$$E = -0,06\tau^2 + 6\tau + 29, \quad (\text{кПа}) \quad (2)$$

де  $\tau$  – час витримування хліба,  $\text{год}$ .

Із рисунка та формул видно, що підвищити граничну швидкість леза можливо за рахунок зниження питомого навантаження. Питоме навантаження знижуємо за рахунок зниження товщини леза (вітчизняні підприємства виготовляють ножі з товщиною полотна від 0.7 мм), або збільшення товщини нарізаємого продукту (відстані між лезами). Останній спосіб детально описаний в джерелі [1].

### 3. Зусилля та потужність різання

Дані про зусилля різання необхідні для визначення потужності безпосередньо на різання та приводу різальної машини.

Зусилля різання стрічковим зубчастим ножом визначається за формулою:

$$F = k \cdot F_{\text{різ}}^{\text{num}} \cdot \cos \alpha \cdot \frac{V_n}{V_t} \cdot H, \quad (\text{кН}) \quad (3)$$

де  $F_{\text{різ}}^{\text{num}}$  - питоме зусилля різання,  $\text{кН}$ ;  $k$  – коефіцієнт, що враховує зниження гостроти леза в процесі його експлуатації  $k = 1.5$ ;  $V_n$ ,  $V_t$  - швидкості ножа і подачі продукту,  $\text{м/с}$ ;  $\alpha$  - кут різання, або кут нахилу зубця,  $\text{град}$ ;  $H$  - висота шару продукту,  $\text{м}$ .

Висота шару продукту  $H$  визначається по найбільшій товщині хліба, який нарізається. Наприклад, для батону висота шару м'якуша складає близько 60

мм. Для скоринку цю величину можна прийняти 2 мм.

Питомого зусилля різання  $F_r$ ,  $\kappa H$  м'якуша визначаємо за рівняннями:

$\tau$ , год	$F_{різ}^{num}$ , $\kappa H/м$
0	$F_r = -0.7V^2 + 6.5V + 0.3$
1	$F_r = -0.5V^2 + 5.2V + 1.3$
6	$F_r = -0.2V^2 + 2.8V + 1.4$

(4)

де  $V$  - швидкість леза,  $м/с$ ;  $\tau$  - час витримування хліба  $\tau$ , год.

Для визначення питомого зусилля різання скоринки користуємось аналогічними рівняннями:

$\tau$ , год	$F_{різ}^{num}$ , $\kappa H/м$
0	$F_r = -0.4V^2 + 6.2V + 0.6$
1	$F_r = -0.5V^2 + 7.3V + 0.4$
6	$F_r = -0.4V^2 + 6.2V - 0.5$

(5)

Зусилля різання необхідно розрахувати спочатку для одного леза по формулі 3, потім – для всіх лез, згідно їх кількості в ножовому пакеті та розмірів хлібини.

Потужність різання визначається як добуток сумарного зусилля різання (на всіх ножах) на їх швидкість:

$$N = F_{сум} \cdot V, \quad (\kappa Bm) \quad (6)$$

Потужність двигуна різальної машини:

$$N_{дв} = \frac{N}{\eta}, \quad (\kappa Bm) \quad (7)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії приводу.

Точність розрахунку буде забезпечена при правильній підстановці розрахункових величин, у вказаних вище одиницях вимірювання.

Застосування на практиці наведених рекомендацій щодо вибору різального інструменту, режимів різання хліба та розрахунку силових параметрів процесу дозволить забезпечити високу продуктивність різання, поверхню зрізу високої якості, без викришування та деформування продукту, та низькі енерговитрати процесу.

## Література

1. Губеня О.О. Удосконалення процесу різання хліба з врахуванням впливу його структурно-механічних властивостей: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.12 „Процеси та обл. харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв”. / О.О. Губеня. - К., 2008. - 21 с.

2. Хромеенков В.М. Выбор геометрии ножей хлеборезальных машин / В. М. Хромеенков, А. Р. Утешев // Хлебопекарская и кондитерская промышленность, 1969. - № 11. С.17-19.