

О. Т. Велика, С. Є. Ляковська, М. Петрик  
Національний університет “Львівська політехніка”

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

© Велика О.Т., Ляковська С.Є., Петрик М. 2021

**Мета.** Дослідити вплив силових параметрів процесу різання хлібобулочних виробів на продуктивність різання та потужність обладнання. Поставлену проблему можна вирішити за допомогою експериментального дослідження залежності питомого зусилля різання від швидкості різання, часу витримки, швидкості подачі матеріалу. **Актуальність** роботи полягає в оптимізації енергетичних затрат та збільшенні терміну довговічності обладнання. **Методика** полягає в тому, що аналіз силових параметрів процесу різання проводили на підставі експериментальних досліджень, на основі яких була побудована математична модель процесу різання методом повного факторного експерименту. **Результати.** Побудовано математичну модель технологічного процесу різання за допомогою повного факторного експерименту та проаналізовано вплив силових параметрів на продуктивність різання та потужність обладнання. **Наукова новизна.** Підтверджено вплив силових параметрів на продуктивність і якість технологічного процесу різання хлібобулочних виробів. Удосконалено математичну модель процесу різання хлібобулочних виробів. **Практична значущість.** Дослідження впливу силових параметрів на питоме зусилля різання дозволило оптимізувати процес, зменшити енергозатрати та забезпечити максимальну продуктивність технологічного процесу різання. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні нового обладнання.

**Ключові слова:** питоме зусилля різання, час витримки, швидкість різання, повний факторний експеримент, продуктивність різання.

### *Вступ. Постановка проблеми*

Одним з основних технологічних процесів обробки харчових продуктів, який широко використовується в багатьох галузях харчової промисловості (хлібопекарській, кондитерській, консервній, овочесушильній та інших) є процес різання. Різання – це технологічний процес обробки шляхом поділу матеріалу з порушенням його цілісності, який здійснюється різальним інструментом з метою надання матеріалу заданої форми, розмірів та якості поверхні. При нарізанні харчових продуктів процес різання відбувається без відходів.

При різанні в результаті руйнування граничного поверхневого шару відбувається відокремлення однієї частини матеріалу(продукту) від іншої. Руйнуванню в зоні контакту ріжучого інструмента з матеріалом передують пружна та пластична деформація, величина якої залежить від внутрішньої будови, швидкості його деформування, фізико-механічних властивостей.

Пристрої для різання класифікують:

а) за призначенням: для різання крихких, твердих, пружновязких, пластичних і неоднорідних матеріалів;

б) за принципом дії: на періодичні, безперервні і комбіновані;

в) за видом ріжучого інструменту на: пластинчасті, дискові, струнні, гільйотинні, роторні, струменеві (рідинні і пневматичні), ультразвукові та лазерні;

г) за характером руху ріжучого інструменту: з обертальним, зворотно-поступальним, плоскопаралельним, поворотним і вібраційним рухом;

д) за характером руху матеріалу при різанні і за видом його кріплення.

Від виконання цієї операції багато в чому залежить якість, зовнішній вигляд і вихід готової продукції. Сучасний стан теорії та практики різання харчових продуктів показує, що загальна теорія різання матеріалів органічного походження поки ще не знайшла остаточного завершення.

*Аналіз літературних джерел за темою статті.*

У вітчизняній і зарубіжній літературі приведена велика кількість досліджень раціональних режимів різання харчових продуктів на обладнанні різного типу. Так у роботі [1], [2] та [3] проведено дослідження на експериментальній установці маятникового типу, проаналізовано вплив швидкості леза та орієнтації руху ножа при різанні багат шарового продукту на питоме зусилля різання. Досліджено режими різання продуктів з однорідною і неоднорідною структурою, встановлено, що на зниження різання впливає зниження міцності адгезії або напружень тертя при високих швидкостях ковзання. Зазначимо, що при різанні більшості харчових продуктів на подолання тертя та адгезії витрачається від 20 до 60 % загальних витрат енергії. Робота [4] присвячена дослідженню залежності потужності  $N$  різання від кута  $\beta$  нахилу пилорами за різних кутів  $\alpha$  заточення ножа. Встановлено, що збільшення кута нахилу пилорами зменшує силу різання, але призводить до збільшення величини ходу пилорами та ускладнює конструкцію привода. Доведено, що кут нахилу  $15...20^\circ$  є оптимальним.

У роботі [5] запропоновано і досліджено процес різання харчових продуктів водополімерним струменем, приведені результати експериментальних досліджень, розроблено обладнання для універсального водополімерного різання в режимі 3D за умов енергоресурсозбеження і забезпечення вимог щодо екологічності виробництва

У роботі [6] теоретично обґрунтовано вібраційний спосіб різання хлібобулочних виробів і експериментально підтверджено ефективність розробленого обладнання. Встановлено закономірності впливу сил на ніж при вібраційному різанні, розроблено безпечний і ефективний вузол подачі хліба на вібруючий ніж. На основі аналізу зусилля, прикладеного до ріжучого інструменту, експериментально визначено, що раціональним кутом ковзання ножів є кут  $50-60$  градусів, частота руху ножів  $20-35$  Гц, амплітуда  $0,5-1,5$  мм. По результатах досліджень процесу вібраційного різання отримано емпіричні залежності для трьох видів хлібобулочних виробів.

Провівши аналіз літературних джерел по дослідженню режимів різання хлібобулочних виробів можна зробити наступні висновки:

- Поряд різанням хлібобулочних виробів пластинчастими ножами набирають популярності і такі методи як вібраційне різання та різання водополімерним струменем;
- для оптимізації режимів різання по енергоефективності використовують, як правило, експериментальні дослідження;

### **Мета**

Метою даної роботи є дослідити вплив силових параметрів процесу різання хлібобулочних виробів на продуктивність різання та потужність обладнання.

### **Методика проведення досліджень**

Основними характеристиками, які визначають процес різання харчових продуктів є силові параметри різання, а саме: питоме зусилля різання, швидкість різання, час подачі, час витримки та інше. Ці параметри визначають продуктивність процесу різання, якість оброблюваної поверхні.

Зусилля різання-сумарна сила опору різання продукту- дозволяє об'єктивно описати процес різання та проаналізувати вплив на нього різних факторів

У даній роботі, з метою оптимізації технологічного процесу різання хлібобулочних виробів проведено дослідження впливу таких силових параметрів різання на питоме зусилля різання та на продуктивність процесу різання.

Знання величини питомих зусиль різання різних харчових продуктів, а так само факторів, які безпосередньо впливають на них, необхідно для проектування технологічного обладнання, оскільки ця складова в більшій мірі визначає енергетичні показники процесу різання і дозволяє об'єктивно описати технологічний процес.

Ґрунтуючись на результатах теоретичних і експериментальних досліджень, на зусилля різання харчових продуктів впливають як техніко-експлуатаційні показники ріжучого інструменту так і властивості самого продукту, які, в свою чергу, непостійні і виявляються в різній мірі під

впливом ряду факторів, особливості обладнання. Знаючи характер впливу кожного з перерахованих факторів, ми маємо можливість контролювати процес різання, роблячи його більш економічним і якісним, причому як на стадії проектування нового обладнання, так і при роботі з уже існуючим.

Пристрої для нарізання харчових продуктів різноманітні. Їх конкретне використання залежить від мети технологічного процесу, самого продукту і його властивостей, виду і форми ріжучого інструменту і від принципу дії самого пристрою. Машина для нарізання харчових продуктів можна класифікувати за такими ознаками

1) конструкція і форма ріжучого інструменту: ножі пластинчасті, дискові, роторні, циліндричні, конусні, серповидні, струнні, гвинтові (рис.1)

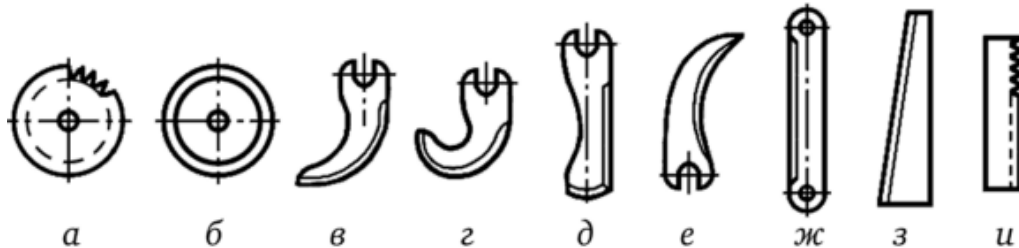


Рис.1. Форми ножів: а — зубчастий дисковий; б — гладкий дисковий; в—е — серповидні; ж, з — гладкі пластинчасті; и — зубчасті пластинчасті

Fig.1. Forms of knives: a - gear disk; b - smooth disk; v - e - crescent-shaped; same, g - z smooth lamellar; u - toothed lamellar

- 2) форма ріжучої поверхні: гладка, зубчата, хвилеподібна, одностороння, двостороння;
- 3) вид різання: тиск, стругання, стиснуте різання, вільне різання;
- 4) рух ріжучого інструменту: нерухомий(стаціонарно закріплений), поступальний, обертальний або коливальний

Різання пластинчастими ножами широко використовується у всіх галузях харчової промисловості: для мяса і м'ясопродуктів, риби, овочів хлібобулочних і кондитерських виробів.

Продуктивність інструменту з пластинчастими ножами для нарізання хліба визначають, як правило, за формулою

$$Q = \frac{v_n q}{l} \quad (1)$$

де  $v_n$  - швидкість подачі матеріалу, м / с,  $q$  - маса хлібобулочного виробу в кількості 1 штука, кг  
 $l$  - ширина хлібобулочного виробу, м.

Продуктивність інструменту для нарізання хліба може бути також визначена наступним чином

$$Q = \frac{m}{t_z + t_0} \quad (2)$$

де  $m$  - маса однієї скибки виробу, який нарізається, кг

$t_z$  - час подачі хліба в зону різання ( $t_z = 10 \dots 15$  с)  $t_0 = l / (n_z \cdot \delta)$  - час нарізання, с

$l$  - довжина хлібобулочного виробу, який подається для нарізання, мм

$n_z$  - частота обертання привідного вала, с<sup>-1</sup>

$\delta$  - товщина відрізуваних скибочок хлібобулочного виробу, мм.

Враховуючи такі важливі фактори, як конструктивні особливості машини, кількість і розміри скибок, які нарізаються, кількість відходів і браку при безперервному подаванні продукту, продуктивність хліборізальної машини  $Q$  (кг/с) визначається наступним співвідношенням:

$$Q = K_o K_k K_e u_n \rho h b (z + 1) \quad (3)$$

де  $K_o$ - коефіцієнт, що враховує кількість крихт і браку та визначається відношенням кількості отриманого продукту до кількості переробленого продукту ( $K_o = 0,92 \dots 0,99$ );

$K_k$  - коефіцієнт, що залежить від режиму різання і типу конструкції пристрою; для стрічкових транспортерів  $K_k = 0,92 \dots 0,96$ , для пристроїв з жорсткою характеристикою  $K_k = 1$ ;

$K_e$  - коефіцієнт, що враховує нерівномірність висоти хліба;

$\rho$  - щільність хліба;  $h, b$  - відповідно висота і товщина скибки хліба, м

$z$  - кількість ножів.

Для визначення потрібної потужності пристрою враховують потужність, необхідну для приводу механізму різання та механізму подачі, а також потужність холостого ходу інструменту. Загальна потужність приводу різальної машини, кВт, визначається такою залежністю:

$$N = N_{1x} + N_{1p} + N_{2x} + N_{2p} \quad (4)$$

де  $N_{1x}, N_{2x}$ - потужність холостого ходу відповідно пристроїв різання і подачі, кВт

$N_{1p}, N_{2p}$ - потужність, необхідна для різання продукту у двох напрямках, кВт

Потужність  $N_{1x}$  визначається наступною залежністю

$$N_{1x} = \frac{G_1 \omega^3 r^2 \sin 2\gamma}{1000 \eta_1} \quad (5)$$

де  $G_1$  – маса рами з пластинчастими ножами, кг;  $\omega^3$ - кутова швидкість кривошипа приводу, с<sup>-1</sup>

$r^2$  – радіус кривошипа, м;  $\gamma$  – кут повороту кривошипа;  $\eta_1$  – к.к.д. пристрою різання.

$$N_{1p} = \frac{P_{1cp} h v_1 z}{1000} \quad (6)$$

$v_1$ - середня швидкість різання, м / с ;  $z$  –кількість ножів в рамі

$P_{1cp}$ - питоме зусилля різання в дотичному напрямі, Н/м

$$P_{1cp} = \frac{P_{1n} + P_{1e}}{2} \quad (7)$$

Тут  $P_{1n}, P_{1e}$ - питомі зусилля різання в дотичному напрямі в залежності від подвійного ходу ножа ( $2n$ ) та двійного радіусу кривошипа приводу ( $2e$ )

$$N_{2x} = \frac{G_2 l_2 v_n}{1000 \eta_2} \quad (8)$$

де  $G_2$  – маса рухомих частин пристрою подачі на 1м його довжини, кг/м

$l_2$ - довжина пристрою подачі, м;  $v_n$ – швидкість подачі, м/с;  $\eta_2$  – к.к.д. пристрою подачі

$$N_{2p} = \frac{P_{2cp} h v_n z}{1000} \quad (9)$$

$P_{2cp}$ - питоме зусилля різання в нормальному напрямі, Н/м

$$P_{2cp} = \frac{P_{2n} + P_{2e}}{2} \quad (10)$$

Тут  $P_{2n}, P_{2e}$  – нормальні питомі зусилля різання в залежності від подвійного ходу ножа (2n) та подвійного радіусу кривошипа приводу (2e)

Значення питомого зусилля різання можна визначити лише експериментальним шляхом.

Для проведення досліджень використовували експериментальне обладнання— хліборізальну машину МНХ-7, яка розроблена науковцями кафедри (рис.2)

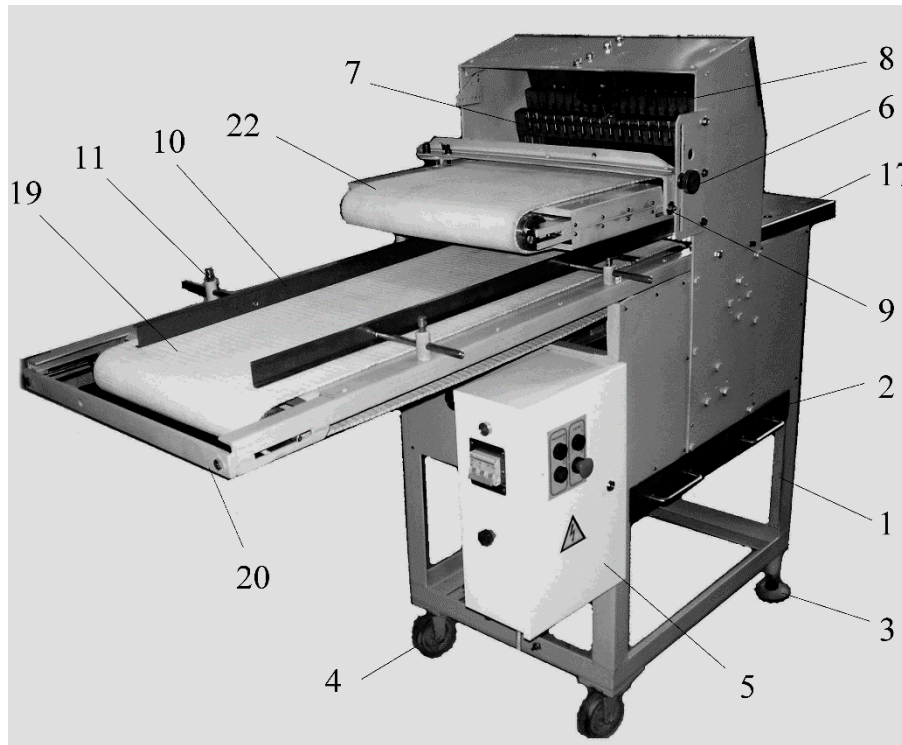


Рис. 2. Загальний вид машини (вид з тилу):

1 – каркас; 2 – піддон; 3 – домкрат; 4 – колесо; 5 – блок електронний; 6 – гвинт фіксації транспортера подачі; 7 і 8 – пилорами; 9 – гайка фіксації нахилу транспортера подачі; 10 – напрямні борти; 11 – гвинти фіксації напрямних бортів; 17 – лоток; 19 – транспортер вхідний; 20 – пристрій натягу стрічки вхідного транспортера; 21 – пристрій натягу стрічки транспортера подачі; 22 – транспортер подачі; 24 – підйомник; 27 – маховичок ручного приводу механізму вертикального переміщення транспортера подачі;

Fig. 2. General view of the car (rear view):

1 - frame; 2 - pallet; 3 - jack; 4 - wheel; 5 - electronic unit; 6 - screw fixing the feed conveyor; 7 and 8 - sawmills; 9 - nut fixing the inclination of the feed conveyor; 10 - guide boards; 11 - screws for fixing the guide boards; 17 - tray; 19 - incoming conveyor; 20 - belt tensioning device of the inlet conveyor; 21 - feed belt tensioning device of the feed conveyor; 22 - feed conveyor; 24 - lift; 27 - handwheel manual drive mechanism for vertical movement of the feed conveyor;

Всі елементи машини змонтовані на зварному каркасі 15 (рис. 3). По краях каркаса встановлено дві вертикальні щоки, до яких у підшипниках кочення закріплено качалку 6, корпус маховика 5, а у верхній частині – підвіски 13 пилорам 3 і 4. Нижня частина пилорам закріплена до качалки 6. Несучі елементи вхідного 1 і вихідного 9 транспортерів є частиною каркаса. Над стрічками цих транспортерів розміщено регульовані напрямні 10, положення яких фіксується гвинтами 14. Натяг стрічок регулюється гвинтами 19.

Транспортер подачі 2 встановлено на підйомнику 7 з ручним приводом (не показано).

Зворотно-поступальний рух пилорамам надає качалка 6, привід якої здійснюється від двигуна 41 через пасову передачу 42, маховик 5 з ексцентриком і шатун 12.

Привід 8 вихідного транспортера 9 і транспортера 2 подачі містить двигун, пасову передачу, редуктор і ланцюгову передачу 43. При переміщенні транспортера подачу вертикальному напрямку змінюється міжцентрова відстань між приводними зірочками транспортерів. Тому для компенсації зміни міжцентрової відстані передбачена натяжна підпружинена зірочка 11.

Для збирання крихт служить піддон 18, який встановлено у напрямних у середній частині каркаса з можливістю оперативного його видалення для очищення.

Під вхідним транспортером 1 розміщено електронний блок 20 з пультом керування 21.

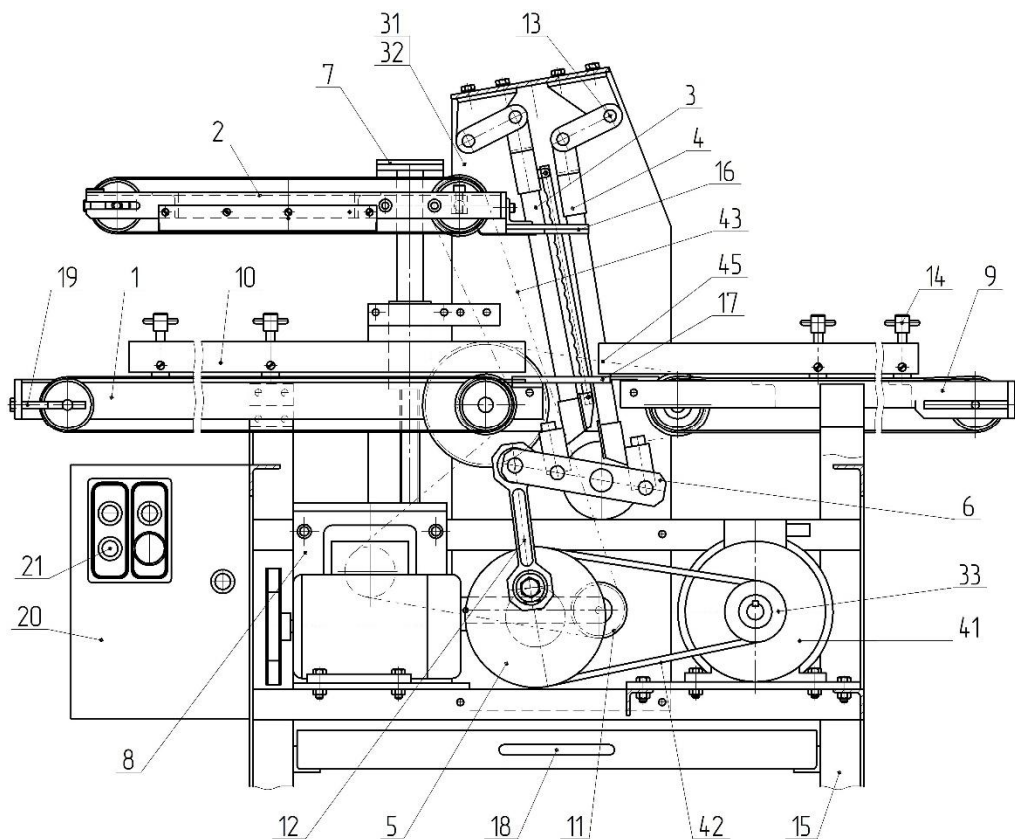


Рис. 3. Конструкційна схема автоматичної машини для різання хлібобулочних виробів  
 Fig. 3. Structural diagram of an automatic machine for cutting bakery products

### Результати досліджень та їх обговорення

В процесі проведення експериментальних досліджень на діючій установці МНХ-7 для різання хліба отримано вихідні дані, що дозволило побудувати математичну модель процесу різання за допомогою повного факторного експерименту. В основу покладено розклад функції в ряд Тейлора. При побудові моделі враховувались два фактори. В якості фактора  $X_1$  брали час витримки хліба від випічки до нарізання,  $X_2$ -швидкість подачі продукту. Коефіцієнти регресії  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  визначались емпірично.

Математична модель процесу різання матиме вигляд :

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1^2 + b_4 X_2^2$$

де в якості функції відгуку  $Y$  є питоме зусилля різання  $P_{1ср}$  чи  $P_{2ср}$ .

$$b_0 = 226,9; \quad b_1 = 2,7; \quad b_2 = 7,8; \quad b_3 = -0,027; \quad b_4 = -0,072$$

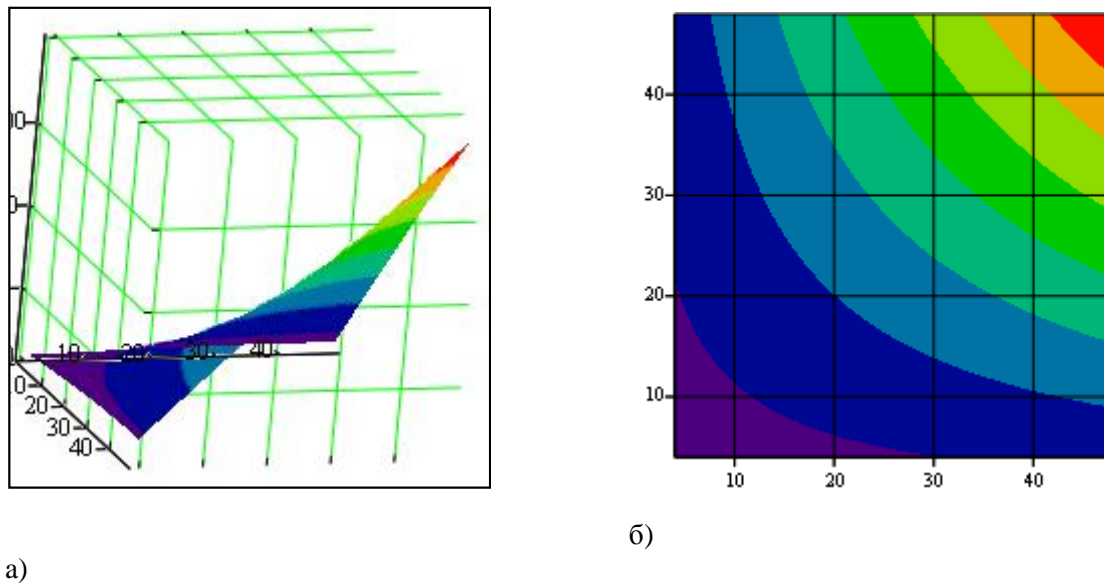


Рис.3. Графік поверхні відгуку а) та ліній рівня б) від часу витримки хлібобулочного виробу та швидкості подачі продукту.

Fig.3. Graph of the response surface a) and level lines b) from the time of aging of the bakery product and the feed rate of the product.

Згідно цієї моделі при витримуванні хлібобулочного виробу до 6 год зусилля різання зменшуються, досягаючи мінімуму при витримування 12-18 годин. Далі зусилля різання при подальшому витримуванні повільно зростають, оскільки хліб починає черствіти. Найбільші енерговитрати для щойноспеченого хліба.

Проведено дослідження залежності зусилля різання від швидкості різання (рис.4).

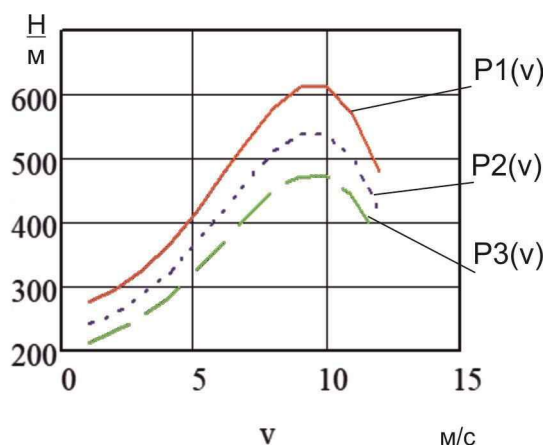


Рис.4. Залежності зусилля різання від швидкості різання:

де  $P1(v)$ - зусилля різання при часі витримки 6 год;

$P2(v)$ - зусилля різання при часі витримки 12 год ;



*P3(v)- зусилля різання при часі витримки 20 год .*

*Fig.4. Dependence of the cutting force on the cutting speed:*

*P1(v)- cutting force – exposure time 6 hours;*

*P2(v)- cutting force – exposure time 12hours;*

*P3(v)- cutting force – exposure time 18 hours.*

На даній графічній залежності можна побачити, що на різних потужностях при збільшенні швидкості різання питоме зусилля різання збільшується. Найбільш інтенсивне збільшення – при швидкостях різання 1-6 м/с. При швидкостях близько 8 м/с зусилля різання максимальні, при подальшому підвищенні швидкості – спадають. Тому при швидкостях понад 8 м/с продуктивність зростає та зменшуються енерговитрати процесу.

### **Висновки.**

На основі викладеного матеріалу можна зробити наступні висновки. В результаті експериментальних досліджень побудовано двофакторну математичну модель, що дозволило визначити оптимальні силові параметри для забезпечення експлуатаційних параметрів роботи обладнання. Це дало можливість вибрати раціональні режими різання, при яких мінімальні динамічні навантаження та мінімальні енерговитрати, оскільки сучасне харчове виробництво потребує зменшення витрат на механічні витрати, включаючи і різання продуктів. Визначено, що збільшення часу витримки хлібобулочних виробів веде до збільшення зусилля різання, а на зусилля різання значний вплив має швидкість різання. Розрахунок силових параметрів процесу дозволить забезпечити високу продуктивність різання, якісну поверхню зрізу та низькі енерговитрати процесу.

### **Список використаних джерел:**

1. Гуць, В. С. Раціональні режими різання харчових продуктів / В. С. Гуць, О. О. Губеня // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції - основні засади її конкурентоздатності : матеріали II Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 11 вересня 2013 р.–К. :НУХТ, 2013. – С. 36-38. DOI: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/21243>.
2. Viktor Goots, Oleksii Gubenia, Bogdan Lukianenko (2013), Modeling of cutting of multilayer materials, Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies, No2, Pp. 294295.3. DOI: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/21113>
3. V. Guts, O. Gubenia, S. Stefanov, W. Hadjiiski (2010), Modelling of food product cutting, 10th International conference "Research and development in mechanical industry - 2010", Donji Milanovac, Serbia, 10-16 September 2010. Vol. 2. Pp. 1100-1105. DOI: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/21118>
4. А.Р.Завербний, Ю. В. Кодра Визначення конструкційних параметрів машин для різання хлібобулочних виробів. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. - 2018. - № 891. - С. 3-7. DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPO\\_2018\\_891\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPO_2018_891_3).
5. Погребняк А.В. Дослідження процесу гідроструминної водополімерної обробки харчових продуктів різанням // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Харчові технології. 2017. Т. 19. № 75. С. 134–139. DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnuftech\\_2017\\_19\\_75\\_29](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnuftech_2017_19_75_29)
6. Иминов Р.В., Антуфьев В.Т, Громцев С.А. Экспериментальные исследования нарезки хлебобулочных изделий в роторной вибрационной машине. «Известия СПбГУНИПТ» №4, 2008. <http://processes.open-mechanics.com/articles/484.pdf>

**О.Т. Velyka, S.E. Liaskovska, M. Petryk**  
Lviv Polytechnic National University



## THE RESEARCH OF POWER PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF CUTTING OF BAKERY PRODUCTS

**Goal** To investigate the influence of force parameters of bakery cutting process on cutting productivity and equipment capacity. **Actuality** of the work is to optimize energy costs and increase the durability of equipment. **Method** The technique is that the analysis of the force parameters of the cutting process was performed using experimental studies, on the basis of which a mathematical model of the cutting process was built by the method of a complete factorial experiment. **Results.** A mathematical model of the technological process of cutting with the help of a full factorial experiment is constructed and the influence of force parameters on cutting productivity and equipment power is analyzed. **Scientific novelty.** The influence of force parameters on productivity and quality of technological process of cutting of bakery products is confirmed. The mathematical model of the process of cutting bakery products has been improved. **Practical significance.** The study of the influence of force parameters on the specific cutting force allowed to optimize the process, reducing energy consumption and ensuring maximum productivity of the cutting process. The obtained results can be used to design new equipment.

**Key words:** specific cutting force, wind time, cutting speed, total experiment factor, cutting productivity.

### References

1. Guts V.S. Racionalni rezymy rizannja harchovyh produktiv / Guts V. Gubenia O // Resurso ta energooszczadni tehnologii vyrobnictva I pakuvannja harchovoi produkcii – osnovni zasady ii konkurentnozdatnosti: materialy II Miznarodnoji specializovanoji naukovno-praktychnoji konferenciji 11 veresnja 2013 r.-K. NUHT,2013.-s 36-38.  
DOI: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/21243>
2. Viktor Goots, Oleksii Gubenia, Bogdan Lukianenko (2013), Modeling of cutting of multilayer materials, Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies, No2, Pp. 294295.3.  
DOI: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/21113>
- 3.V. Guts, O. Gubenia, S. Stefanov, W. Hadjiiski (2010), Modelling of food product cutting, 10th International conference “Research and development in mechanical industry - 2010”, Donji Milanovac, Serbia, 10-16 September 2010. Vol. 2. Pp. 1100-1105. DOI: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/21118>
4. A.R.Zaverbnyj, J.V. Kodra Vyznachennja konstrukcijnyh parametriv mashyn dlja rizannja hlibobulochnyh vyrobiv. //Visnyk Nacionalnogo universytetu “Lvivska politehnika”. Optymizatsiia vyrobnychkh protsesiv i tekhnichni kontrol v mashynobuduvanni i pryladobuduvanni. – 2018. - № 891. -S. 3-7.  
DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPO\\_2018\\_891\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPO_2018_891_3).
- 5.Pogrebniak A.V. Doslidzennia procesu gidrostrumynnoji vodopolimernoji obrobky harchovyh produktiv rizannjam // Naukovyj visnyk Lvivskogo nacionalnogo universytetu veterynarnoji medycyny ta biotehnologij imeni S.Z. Gzyckogo. Serija: Harchovi tehnologii. 2017. T. 19. No 75. S. 134–139.  
DOI: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnuftech\\_2017\\_19\\_75\\_29](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnuftech_2017_19_75_29)
- 6.Iminov R.V., Antufjev V.T., Gromcev S.A. Eksperimentalnye issledovanija narezki hlebobulochnyh izdelij v rotornoj vibracionnoj mashynie “Izvestija SPbGUNiPT” №4, 2008g. <http://processes.open-mechanics.com/articles/484.pdf>