

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
магістр

на тему: «Удосконалення конструкції хліборізальної машини»

КРМ.133ГМмз_21.05.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
«Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
ступеня вищої освіти *магістр*
групи 133ГМмз_21
ГЛУШКО Олександр

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОСТЕНКО Олена

Рецензент: к.т.н., доцент
ГОРБЕНКО Олександр

Полтава – 2023 року

ВСТУП

Актуальність теми. Процес різання є однією з найбільш поширених і відповідальних технологічних операцій, які застосовуються в багатьох галузях харчової промисловості: хлібопекарській, кондитерській, консервній, овочесушильній та інших. Від якості виконання цієї операції багато в чому залежить зовнішній вигляд і вихід готової продукції. Сучасний стан теорії і практики різання харчових продуктів показує, що загальна теорія різання матеріалів органічного походження поки ще не знайшла остаточного завершення. Дослідження процесу різання, в основному, полягають в накопиченні експериментальних даних і встановлення залежностей між окремими основними параметрами. В даний час, поряд з широко поширеними рубленим і ковзаючим способами різання, починає застосовуватися вібраційне різання харчових продуктів.

Технологічні процеси з використанням механічних коливань (вібрацій) в сучасній вітчизняній і зарубіжній практиці знайшли досить широке поширення.

Використання віброуючих органів в машинах і апаратах харчової промисловості та громадського харчування дозволяє інтенсифікувати процес різання, скоротити втрати сировини, підвищити якість поділених поверхонь і знизилася на зусилля різання. Однак в хлібопекарській промисловості, особливо при нарізці хліба, вібраційний спосіб досліджений недостатньо. Це стримує розробку оригінальних і високопродуктивних машин, які допускали б при нарізці значний розкид фізичних параметрів м'якушу і скоринки хліба при нарізці.

Мета роботи - дослідження ресурсозберігаючого процесу нарізки хлібобулочних виробів із застосуванням вібраційного руху ріжучих ножів і сконструйованого роторного вузла подачі продукту.

Відповідно до зазначеної мети поставлені наступні **завдання**:

- провести аналіз існуючих способів і конструкцій машин для нарізки хлібобулочних виробів;
- теоретично обґрунтувати і запропонувати найбільш ефективні способи нарізки хліба, виявити переваги вібраційного способу різання;

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розробити математичну модель процесу віброрізання важконарізних сортів хліба;
- експериментально встановити основні закономірності та сили, діючі на ніж при вібраційному способі різання хліба;
- розробити безпечний і ефективний вузол подачі і нарізки хліба, вибрати форму і характер руху ріжучих інструментів;
- розробити технічні умови на хліборізальну машину вібраційного типу підвищеної ефективності, що суттєво змінює швидкість і якість нарізки хлібобулочного виробу.

Об'єкт розробки – процес нарізки хліба.

Предмет розробки – конструктивно-режимні параметри роторного вузла подачі продукту.

Методи досліджень – методи математичної статистики, кореляційного аналізу.

Наукова новизна дослідження. На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень запропонована конструкція машини для нарізки хліба з вібраційним приводом.

Новизна теоретичного дослідження. Теоретично обґрунтований спосіб вібраційної нарізки хліба і експериментально доведено ефективність розробленої машини. Встановлено закономірності впливу сил на ніж при вібраційному різанні.

На захист виносяться такі питання:

- конструктивно-технологічна схема пристрою для подачі і нарізки хліба хліборізальної машини;
- теоретичне обґрунтування використання оригінальних вузлів подачі та принципу нарізки хліба для проектованої хліборізки;
- економічний ефект від застосування пристрою для подачі і нарізки хліба хліборізальної машини.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз конструкцій типових машин для нарізки хліба

Класифікація хліборізальних машин за принципом дії наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Класифікація хліборізальних машин за принципом дії

	Машини з рамними ножами	Машини з дисковим ножом
Принцип дії	В рамі ножі закріплені нерухомо або рухаються обернено-поступово; пристрій подачі хлібу в зоні різання рухається з постійною швидкістю	Основний ріжучий пристрій – дисковий ніж, що обертається; в момент різання каретка з продуктом нерухома, а переміщення відбувається, коли ніж виходить із зони різання

В даний час відомо більше десятка типів хліборізальних машин, що відрізняються характером руху, видом і кількістю ножів, способом подачі напівфабрикату і характером руху ріжучих органів. Всі конструкції хліборізальних машин можна класифікувати наступним чином: машини з обертотним, обертотно-поступальним і поступальним рухом ножів.

Для кожної групи характерно використання певного виду ножів: дискових, пластинчастих або серповидних. Як приклад можна привести машини з рамними ножами - «Daub» BRS 204/40 і «Daub» BRS 208/52, а машини з дисковими ножами - XPM-300M і «WABAMA Allround Economy».

При різанні хліба на машинах різної конструкції дуже важливо дотримуватися однакової товщини скибок. Якість поверхні зрізу, кількість відходів у вигляді крихти і деформованих скибок багато в чому залежать від правильного вибору конструкції хліборізальної машини і стану її робочих органів.

Аналіз конструкцій типових машин для нарізки хліба показав, що всі вони не позбавлені окремих недоліків, а саме:

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- мають підвищений шум і вібрацію вузла для нарізки хліба, що можливо знизити зміною способу нарізки хліба та характеру руху ріжучих інструментів;
- в процесі експлуатації необхідно проводити часту заточку або заміну ріжучих інструментів (іноді через 4 години роботи);
- споживана потужність на нарізку хліба залежить від його якості і ступеня охолодження після випічки, можливості налипання м'якушу і підвищення втрати на крихті;
- нерідкі затримки буханок в механізмі подачі хліба до ножа, що змушує обслуговуючий персонал відкривати захисні кожухи, зупиняти кінцеві вимикати кінцеві вимикаючи пристрої та прибирати брак вручну (3-4% продукції йде на брак, окраєць і крихту).

Таким чином, необхідно підвищити ефективність вузла подачі та нарізки хліба при зниженні витрат на виготовлення і експлуатацію машин.

1.2 Існуючі методи різання хлібобулочних виробів

Пшеничний і житній хліб, особливо свіжий, як відомо, має пористу структуру і при нарізанні легко піддається деформації, має властивість налипання на ножі і крихкість. Якість нарізаного хліба визначається зовнішнім виглядом скибочок, які повинні бути однакової товщини, з гладкою поверхнею зрізу та мінімальною кількістю відходів (крихти, відрив скоринки і т.п.). На різальних ножах залишається деяка частина м'якушу виникає втрата в масі хліба через його зминання та відбраковування отриманої продукції.

Питанням, як зменшити втрати при нарізці, як і самим процесом нарізки, почали займатися відносно недавно. До факторів, що впливають на втрати, можна віднести: швидкість подачі продукту, час його охолодження, форма ножа і швидкість його руху, матеріал, з якого він виготовлений і т.ін. Однією з пропозицій стало вивчення втрат при різанні хліба на різних термінах зберігання після охолодження.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

За даними досліджень **Б.В.Чабліна, О.А.Юрченко** була виявлена залежність збільшення питомого зусилля різання від часу зберігання до 24 годин для білого і пшеничного хліба та до 36 годин для Столичного хліба. За межами зазначеного часу протягом двох діб зусилля різання залишається практично постійним. Також, дослідниками визначено залежність питомого зусилля різання від відношення окружної швидкості кромки ножа до швидкості подачі продукту. А саме, що при попутному різанні зі збільшенням відносини окружної швидкості ножа до швидкості подачі продукту питоме зусилля різання зменшується за ступеневою залежністю.

У хлібній промисловості розроблений ряд практичних порад і правил для зменшення втрат при різанні. Наприклад, виробник хліборізальної машини ЛР1-Х рекомендує: «... нарізати на скибки можна тільки остиглий хліб, тому після виходу хліба з печі перед нарізкою його необхідно витримати кілька годин при температурі повітря +22 ... + 25 ° С і відносної вологості не більше 75%. Для різних сортів хліба цей час різний:

- для пшеничного хліба - 2 години;
- для житньо-пшеничного - 6 годин;
- для житнього - 12 годин;
- для заварного і зернового - 24 години і більше ».

Отже, потрібні значні площі приміщення для остигання хліба або використання дорогих кулерів.

Дослідження показали, що зі збільшенням швидкості різання на машинах рамного типу поліпшується якість зрізу та знижується кількість відходів і браку. Однак інерційні зусилля, створювані рухомими ножовими рамами, викликають вібрацію корпусу та основних вузлів машини, що обмежує інтенсифікацію режиму різання.

Разом з тим проведеними дослідженнями встановлено, що для зниження величини натягу ножів доцільно розміщувати їх ексцентрично. Зсув отворів кріплення ножів на 3 мм в сторону ріжучої кромки дозволяє в 2 рази збільшити напруження розтягу і порівнянні з симетричним кріпленням. Це істотно

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

покращує роботу ножових рам, підвищує швидкість різання, значно знижує навантаження на ножові рами та забезпечує хорошу якість зрізу.

Важливе значення в роботі хліборізальної машин рамного типу має стан ножів: їх заточування, поверхні і геометрії. **В.М.Хромеєнків і А.Р.Утешев** встановили, що ножі слід заточувати і полірувати через кожні 4-20 години їх роботи.

Ретельна обробка поверхні ножів зменшує коефіцієнт тертя бічних сторін скибочок об ніж, скорочує тривалість витримування хліба перед нарізкою.

Основні шляхи подальшого вдосконалення хліборізальних машин полягають в інтенсифікації режимів різання та раціональному виборі геометрії ножів.

У застосуванні хліборізальних машин рамного типу хороші результати виходять при наступних режимах різання: швидкість подачі 0,1 м/с, максимальна швидкість різання 1,5-2,0 м/с. При цьому амплітуда ножових рам повинна бути 20-25мм, частота коливань 12-15Гц. Зі зменшенням товщини пластинчастих ножів з 0,8-1,0мм до 0,4-0,5 мм знижується тертя в міжножовому просторі хліборізальних машин. Однак це доцільно проводити при ексцентричному натягу тонких ножів, що забезпечує підвищення стійкості їх ріжучої кромки. Для різання здобного хліба рекомендується застосовувати ножі з прямолінійним лезом, а для житнього хліба - ножі із зубчатим лезом.

Існує достатньо видів хліборізальних машин, що відрізняються характером руху, видом і кількістю ножів, способом подачі продукту, за характером руху ріжучим органом, і застосовуються на підприємствах з різною виробничою потужністю. На кожному з них потрібна максимальна оптимізація роботи хліборізальної машини для зменшення виникаючих втрат. Тому важливо більш повно вивчати вплив різних чинників на процес різання, можливості його інтенсифікації, а також вести розробку нових технологічних рішень і сучасного обладнання. Якість нарізки хліба обумовлюється правильним вибором способу нарізки хліба; видом ріжучих інструментів;

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

вибором режиму різання та підвищенням коефіцієнта ковзання ножа K_{β} . Коефіцієнт ковзання може приймати числове значення від 0 до ∞ . При коефіцієнті ковзання $K_{\beta} = 0$ має місце рублене різання, при $K_{\beta} = \infty$ ріжучий інструмент робить ковзкий рух уздовж продукту не розрізаючи його.

У світовій літературі зустрічається багато робіт, присвячених якості нарізки продуктів. У зв'язку з цим доцільно провести дослідження якості нарізки хліба, щоб виробити оптимальний зразок хліборізки для хлібопекарських підприємств невеликої потужності. Для цього необхідно вибрати вид робочого інструмента (ножа), спосіб нарізки хліба, форму і характер руху ріжучого інструменту використовуваної машини для нарізки хліба.

Для здійснення процесу різання необхідно відносне переміщення ріжучого інструменту (ножа) і продукту (хліба). В загальному випадку швидкість V_p цього переміщення, що називається швидкістю різання, спрямована під деяким кутом φ до ріжучої кромки леза і її можна розкласти по двох напрямках: по нормалі до ріжучої кромки V_n і вздовж неї V_{τ} ; в окремому випадку швидкість може бути спрямована по одному з цих напрямків (рис. 1.1).

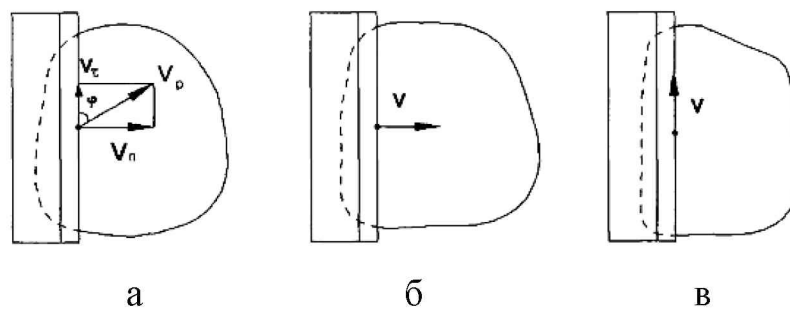


Рисунок 1.1 – Схема відносного переміщення ножа та хліба

Залежно від напрямку відносного переміщення робочого інструменту (ножа) і продукту (хліба) різання прийнято поділяти на рублене і ковзке. При рубленому різанні ріжучий інструмент переміщається щодо продукту перпендикулярно ріжучої кромки леза (рис.1.1б), при ковзному різанні - під гострим кутом до ріжучої кромки леза (рис.1.1а).

При рубленому різанні лезо ножа деформує хліб і ущільнює його поверхневий шар, в якому виникають місцеві контактні напруги стиснення, що мають максимальне значення в зоні контакту з гострою кромкою леза ножа. У міру зростання сили впливу ножа на хліб збільшується деформування останнього і зростають контактні напруги. Як тільки контактні напруги досягають граничної величини, відбувається руйнування хліба під гострою кромкою леза ножа.

Характер руйнування залежить від структурно-механічних властивостей продукту: у пластичних продуктів має місце зріз ущільнених частинок продукту (свіжий хліб), у твердих неволокнистих продуктів (черствий хліб) - сколювання.

При зрізі відрізаний шар плавно відгинається робочою гранню клина і відділяється від основної частини продукту, яка залишається за опорною гранню ножа. Поверхні зрізаних шматочків виходять досить рівними і гладкими (рис.1.2а). При різанні між ріжучим інструментом і продуктом виникає силовий вплив.

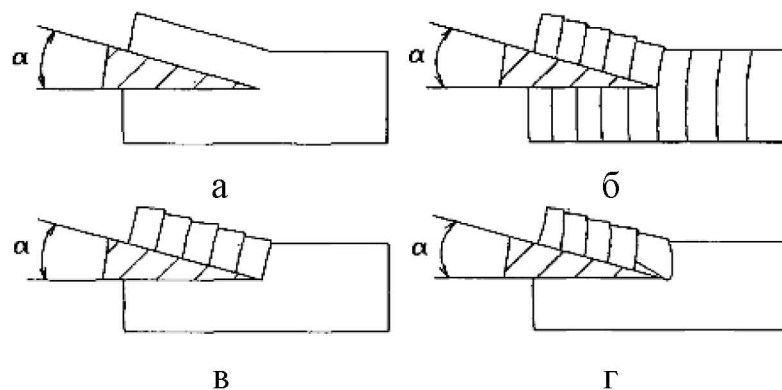


Рисунок 1.2 – Схема деформації різних продуктів при рубленому різанні:

а) пластичних продуктів; б) неволокнистих твердих продуктів

При рубленому різанні на ніж діють такі сили: опір перерізання волокон або стінок клітин продукту P_1 спрямований перпендикулярно ріжучій кромці леза в бік, зворотний його руху; опір відгинання відрізаного шару P_2 спрямований перпендикулярно робочій грані ножа; зусилля притиснення

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продукту P_3 спрямоване перпендикулярно опорній грані ножа; сили тертя між робочою гранню ножа і продуктом T_1 , а також опорною гранню ножа і продуктом T_2 , що виникають внаслідок руху ріжучого інструменту відносно продукту. Опір перерізання волокон P_1 визначається за формулою:

$$P_1 = q_b b, \quad (1.1)$$

де q_b - питомий опір продукту різання на одиницю довжини леза, Н/м, q_b залежить від твердості та міцності продукту, а також від гостроти заточки ножа;

b - ширина шару продукту, що відрізається, м.

Опір шару, що відрізається, відгинанню P_2 залежить від жорсткості скибочки, яка характеризується його товщиною, шириною та модулем зсуву продукту, а також від величини умов деформації скибочки. Для скибочки з прямокутним поперечним перерізом P_2 визначається з урахуванням повороту скибочки, що відрізається, на кут α , який дорівнює куту заточування ножа, за рахунок деформації зсуву.

Кут повороту скибочки дорівнює:

$$\alpha = \frac{KP_2}{GF}, \quad (1.2)$$

де α - кут заточки ножа, або кут повороту скибочки, рад.;

K - коефіцієнт, що залежить від форми поперечного перетину шарів продукту, що відрізаються (для шару хліба формового прямокутної форми ($K = \frac{6}{5}$));

G - модуль зсуву, Па;

F - площа поперечного перетину скибочки, що відрізняється, м².

$$F = hb, \quad (1.3)$$

де h , b - товщина та ширина скибочки, що відрізається, м.

Використовуючи формулу (1.2), отримаємо:

$$P_2 = \frac{5\alpha Ghb}{6}. \quad (1.4)$$

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Зусилля притиснення продукту до опорної грані ножа P_3 залежить від маси продукту та від способу утримання продукту в процесі різання.

Сила тертя T_1 між робочою гранню ножа та продуктом визначається з рівняння:

$$T_1 = P_2 \varphi, \quad (1.5)$$

де φ - коефіцієнт тертя продукту об робочу та опорну грані ножа.

Сила тертя T_1 направлена вздовж робочої грані ножа в бік, протилежний його руху.

Сила тертя T_2 між опорною гранню ножа та продуктом направлена вздовж опорної грані ножа в бік, протилежний його руху, і дорівнює:

$$T_2 = P_3 \varphi, \quad (1.6)$$

Результуюче зусилля $P_{\text{ін}}$ яке потрібно прикласти до ріжучого інструменту для здійснення рубленого різання з вільним відгинанням продукту, можна визначити, спроектувавши всі сили, прикладені до ножа, на напрямку його руху:

$$P_{\text{ін}} = P_1 + P_2 \sin \alpha + T_1 \cos \alpha + T_2 = P_1 + P_2 (\sin \alpha + \varphi \cos \alpha) + P_3 \varphi. \quad (1.7)$$

При сколюванні відбувається руйнування матеріалу під дією дотичних напружень, при яких одна частина продукту зміщується щодо іншої по якій-небудь поверхні.

Так, у неволокнистих твердих продуктів (черствий хліб) сколювання відбувається під гострим кутом до площини зрізу (рис.1.1б). При цьому поверхні зрізаних шматочків мають нерівності (зазубрини), а сам відрізаний шматочок не зберігається цілком і найчастіше розпадається на окремі частини.

При ковзному різанні в результаті руху ножа перпендикулярно ріжучої кромки відбувається проникнення його в товщу продукту, а при русі ножа вздовж ріжучої кромки - перепилювання волокон і стінок клітин продукту найдрібнішими мікрозубчиками леза.

На відміну від рубленого різання, при ковзному різанні для розрізання продукту потрібні менші ущільнення і зусилля, так як продукт перерізується

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікрозубчиками, причому сумарна довжина мікрозубчиків, що одночасно беруть участь в розрізанні продукту, завжди менше довжини ріжучої кромки леза (рис.1.3). Тому при ковзному різанні величина контактних напружень, яка необхідна для розрізання продукту, а отже, і необхідне зусилля значно менше, ніж при рубленому різанні. При ковзному різанні для здійснення розрізання продукту не потрібно, щоб всі зубчики леза на повну глибину проникали в продукт. Поверхні зрізу при ковзному різанні виходять більш гладкими і рівними, ніж при рубленому різанні.



Рисунок 1.3 – Схема ковзкого різання

Застосування рубленого або ковзного різання визначається фізико-механічними властивостями продукту, вимог, що пред'являються до якості поверхні відрізаних шматочків, а також енергетичними показниками.

Рублене різання рекомендується використовувати для тих продуктів, у яких руйнівні контактні напруги невеликі і розрізання відбувається без значного ущільнення. Внаслідок цього поверхня зрізу виходить досить рівною і продукт не деформується. До таких продуктів можна віднести сири, масло вершкове і т.ін. Для тих продуктів, у яких руйнівні контактні напруги досягаються тільки після того, як продукт зазнає поряд з пружною і пластичну деформацію, рублене різання не рекомендується. У таких продуктів відрізані шматочки залишаються в деформованому стані. Наприклад, пористі продукти (хлібобулочні вироби) втрачають частково свою пористість, погіршується їх товарний вигляд.

При ковзному різанні продукт значно менше деформується. Тому, при розробці машини для нарізки хліба, доцільно застосувати на ній ковзкий спосіб нарізки хлібобулочних виробів.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Вібраційний метод різання. Вивчення процесу різання харчових продуктів із застосуванням вібрацій відкриває перед харчовою промисловістю і громадським харчуванням можливість для більш успішного вирішення завдань інтенсифікації процесу різання, економії енергії, поліпшення якості та товарного вигляду готової продукції, а також збільшення її виходу (до 1,8-2% втрачається в крихту, брак від нарізки і наднормативної усушки для досягнення необхідної температури різання). Раніше в хлібній промисловості був розроблений ряд практичних навичок і правил для зменшення втрат при різанні.

Наприклад, виробник хліборізальні машини ЛР1-Х рекомендує нарізати на скибки тільки остиглий хліб, тому після виходу хліба з печі перед нарізкою його необхідно витримати кілька годин при температурі повітря +22 ...+ 25 ° С і відносній вологості не більше 75%. Для різних сортів хліба цей час різний: для пшеничного хліба – 2 години, житньо-пшеничного – 6 годин, житнього – 12 годин, заварного і зернового – 24 години.

Шляхи подальшого вдосконалення хліборізальної машин полягають в інтенсифікації режимів різання шляхом застосування вібраційних впливів на ножі, що істотно знижує зусилля різання та втрати хліба на крихту і брак. При цьому допускається нарізка хліба в теплом вигляді.

1.3 Види та форми ріжучих інструментів

Як ріжучі робочі інструменти на підприємствах громадського харчування для нарізки хліба застосовують ножі, що мають різну конструкцію і форму.

У всіх ножів ріжучий бік (лезо) має форму двогранного одностороннього або двостороннього клина (рис. 1.4). Грань Б леза, яка збігається з площиною руху ножа, називається опорною. Грань А леза, розташована під кутом до площини руху ножа, називається робочою, або лицьовою. Ця грань здійснює деформування, наприклад відгинання продукту і витіснення його з простору, займаного згодом ножем.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

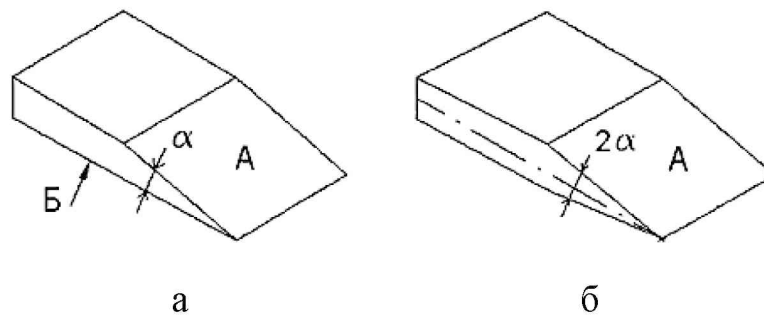


Рисунок 1.4 – Двогранний клин: а – односторонній; б - двосторонній

Лінія перетину опорної та робочої граней носить назву ріжучої кромки леза. Оскільки двогранний клин має одну ріжучу кромку, різання продуктів він може здійснювати тільки в одній площині.

Кут α , утворений опорною і робочою гранями, називається кутом заточування леза. Клин (рис.1.4а) називається одностороннім, якщо має робочу А і опорну Б грані. Клин (рис.1.4б) називається двостороннім, якщо не має опорної грані, оскільки обидві його грані є робочими. Кутом заточування для двостороннього клина є кут, утворений робочими гранями. Для двостороннього симетричного клина (рис.1.4б) кут заточування дорівнює подвоєному куту заточування одностороннього клина.

Крім ножів для розрізання твердих продуктів застосовують ріжучі інструменти, леза яких виконані у формі клина з явно вираженими зубцями і кутом заточування, що дорівнює нулю або є від'ємним (рис. 1.5а, б). Такі інструменти називають пилами. Крім того, для розрізання пластичних продуктів (свіжого хліба) в окремих випадках застосовують різальні інструменти у вигляді дроту.

На розроблюваній машині для нарізки хліба пропонується використовувати ріжучі інструменти, леза яких виконані у формі клина і кутом заточування близько 60° . Ця цифра взята з теоретичних досліджень у 2 розділі. Матеріал, з якого необхідно виготовляти ножі, пропонується використовувати

комбінований: серцевина ножа із загартованої високовуглецевої сталі з поступовим відпуском металу до країв леза.

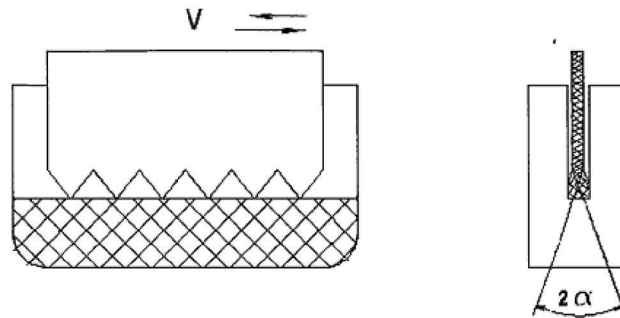


Рисунок 1.5 – Схема різання продукту пилою з розведеними зубцями:
а – з від’ємним кутом заточки; б – з кутом заточки, що дорівнює 0.

Використання методу самозаточування леза дасть змогу відмовитися від періодичного частого заточування ріжучого інструменту в процесі експлуатації.

У результаті наведених досліджень видів ріжучих інструментів можна зробити висновок, що оптимальним ножом для нарізання хліба є двосторонній, двогранний клин, самозагострювальний.

Основні форми ножів, що застосовуються для розрізання хлібобулочних виробів, установлених на сучасних машинах, такі: прямолінійні, криволінійні, дискові, дискові зубчасті (рис. 6 а, б, в, г).

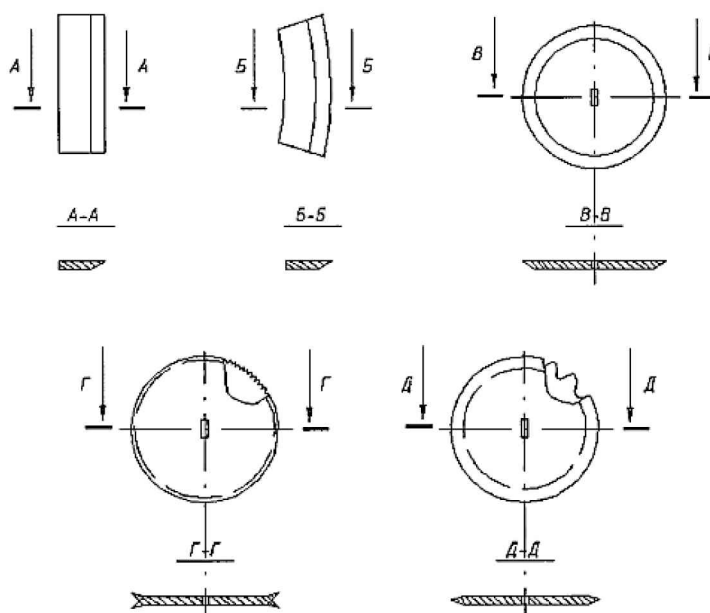


Рисунок 1.6 – Форми ножів: а – прямолінійний; б – криволінійний; в – дисковий; г – дисковий зубчастий

У результаті аналізу встановлених ріжучих інструментів можна зробити висновок, що для всіх машин поки що оптимальним було визнано двосторонній, двогранний ніж хвилеподібної форми.

Висновок. Аналіз основних способів нарізки хліба в існуючих машинах показав, що у всіх хліборізках застосовується ковзке різання, яке, незважаючи на свою ефективність, при великому поздовжньому ході ножа (що необхідно для підвищення продуктивності) захоплює на його бічні поверхні частинки хліба і створює підвищений опір для приводу. Потрібно застосувати такі прискорення ножів, щоб інерційні сили виявилися б більше сил налипання частинок хліба. З конструктивних міркувань в вищеописаних машинах це неможливо, потрібно буде непропорційно посилити корпус і масу конструкції

Зменшити хід ножів і створити необхідні прискорення при невеликій масі апарату дозволяє віброрізання.

Аналіз досліджень видів ріжучих інструментів дозволяє зробити висновок, що оптимальним ножем для нарізання хліба є двосторонній, двогранний клин, самозагострювальний.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1 Опис вібраційного способу різання

Вивчення процесу різання харчових продуктів із застосуванням вібрацій відкриває перед харчовою промисловістю та громадським харчуванням можливість для більш успішного вирішення завдань інтенсифікації процесу різання, економії енергії, поліпшення якості та товарного вигляду готової продукції, а також збільшення її виходу (до 1,8-2 % втрачаються в крихту, брак - нарізку і від наднормативної усушки для досягнення необхідної температури різання). Раніше в хлібній промисловості розроблено низку практичних навичок і правил для зменшення втрат під час різання. Нарізати на скибки можна тільки остиглий хліб, тому після виходу хліба з печі перед нарізанням його необхідно витримати кілька годин при температурі повітря +22...+25°C і відносній вологості не більше 75%. Для різних сортів хліба цей час різний:

- для пшеничного хліба - 2 години;
- для житньо-пшеничного - 6 годин;
- для житнього - 12 годин;
- для заварного і зернового - 24 години.

Однак, на нашу думку, шляхи подальшого вдосконалення хліборізальних машин полягають в інтенсифікації режимів різання шляхом застосування вібраційних впливів на ножі, що суттєво знижують зусилля різання і втрати хліба на крихту і брак. При цьому допускається нарізка хліба в теплом вигляді.

2.2 Вплив вібрації на питоме зусилля різання

Розглянемо процес віброрізання хліба. Робочий орган вібраційної машини взаємодіє з оброблюваним продуктом, створюючи різноманітні і складні

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процеси його деформування відповідно до розглянутих режимів руху робочих поверхонь. Сила зчеплення матеріалу з ножем робиться малою в результаті вібрації, що забезпечує багаторазове проковзання бічної поверхні ножа щодо матеріалу.

Опір сил сухого тертя, що залежить тільки від товщини і стану поверхні ножа, зменшується.

Основною особливістю вібраційних різальних машин є те, що вони дозволяють враховувати частотні властивості самого матеріалу, що додатково знижує сили опору різання за рахунок правильного підбору робочого режиму, що неможливо для машин інших типів.

Вібрація викликає зниження в'язкості, адгезії та інших структурно-механічних характеристик матеріалів, що зменшує сили опору самого продукту різанню. Зазначені особливості вібраційних машин забезпечують їх переваги за питомими енергетичним витратам, продуктивністю і якістю зрізу.

Для дослідження закономірностей взаємодії робочого органу вібрмашини з хлібом використовуються методи вібраційної реології. При поширенні в промисловості методів вібраційної обробки різних, переважно дисперсних, систем виявилось, що широко застосовуваний апарат реології дає занадто великі розбіжності з дослідом, а тому малоприматний для вивчення реологічних характеристик речовин в полі вібраційних впливів. Комплекс нових підходів і методів, призначених для вивчення закономірностей зміни деформацій і напруг при періодичному навантаженні, отримав назву вібраційної реології або просто віброреологія. Основна особливість вібраційної реології полягає в тому, що всі реологічні тіла – пружні, в'язкі і пластичні – розглядаються обов'язково як носії двох властивостей (свого основного і інерційного). Наприклад, фундаментальними тілами вібраційної реології є пружноінерційні, в'язкоінерційні і т.ін. Необхідність доповнення реологічних тіл інерційними властивостями при дослідженні завдань вібраційного технології обумовлюється тим, що при періодичних впливах змінюються прискорення і в оброблюваному середовищі виникають сили інерції. Інерційні

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження при високоінтенсивних режимах вібраційної обробки можуть значно перевищувати діючі в середовищі сили тяжіння, стаючи сумірними, а іноді переважаючими над пружними, в'язкими і пластичними напруженнями.

У класичній реології три фундаментальних реологічних тіла. Пружне фундаментальне реологічне тіло, зображуване пружиною, представляється залежністю між деформацією і напругою і виражається математичною формулою $F_y = k_x$. Залежність цієї сили від деформації лінійна і на графіку зображується прямою лінією, що виходить з початку координат.

В'язке реологічне тіло зображується у вигляді циліндра з поршнем. Такий символ вузького реологічного тіла прийнятий в зв'язку з тим, що подібний опір відчуває тіло, що рухається в рідині, наприклад поршень в циліндрі, заповненому рідиною. Математична залежність, описує в'язкі сили опору, має такий вигляд $F_b = c_x$. Із цього виходить, що сила в'язких опорів пропорційна швидкості, з якою здійснюється деформація тіла, і залежить від коефіцієнта в'язких опорів рідини. Залежність цієї сили від швидкості деформації лінійна і на графіку зображується прямою лінією, що виходить з початку координат.

Пластичне реологічне тіло зображують у вигляді двох ковзких одна за іншою пластинок. Зусилля, необхідне для деформації цього тіла, не залежить ні від величини деформації, ні від швидкості деформації. Воно визначається деякою граничною силою, при досягненні якої починається пластична деформація тіла. Графік цієї сили є лінією паралельною осі деформації.

У вібраційній реології прийняті наступні фундаментальні реологічні тіла: пружноінерційні, в'язкоінерційні та пластичноінерційні (рис.2.1). Поведінка їх в умовах періодичного навантаження відрізняється від закономірностей деформації пластичних реологічних тіл.

Розглянемо реологічні властивості в'язкоінерційних реологічних тіл, до яких відноситься хліб. Будемо деформувати в'язкоінерційне тіло періодичною силою, мінливою за гармонійним законом. Опори деформації будуть складатися з в'язкою сили і сили інерції. У в'язкому реологічному тілі співвідношення між в'язкістю деформації x , наведеному коефіцієнті в'язкості c

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

і деформуючою силою F визначається залежністю:

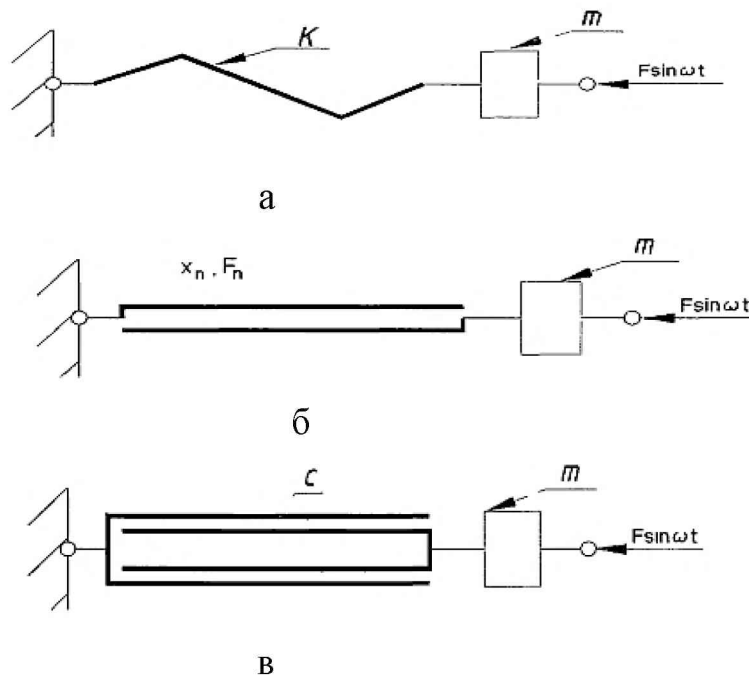


Рисунок 2.1 – Інерційні фундаментальні реологічні тіла:

а – пружноінерційне; б – в'язкоінерційне; в – пластично-інерційне

$$x = \frac{1}{c} F \sin \omega t \quad (2.1)$$

тобто швидкість деформації пропорційна величині деформуючої сили і обернено пропорційна коефіцієнту в'язкості; вона залежить від частоти навантаження і знаходиться в одній фазі з навантажувальною силою. В в'язкоінерційному тілі швидкість деформації залежить також від частоти ω прикладання деформуючого навантаження:

$$x = \frac{1}{\sqrt{\omega^2 + c^2}} F \cos(\omega t + \varphi) \quad (2.2)$$

і зміщена на кут $\varphi = \arctg \frac{c}{\omega}$ по відношенню до деформуючої сили.

Порівнюючи закономірності деформації в'язкого і в'язкоінерційного тіл, бачимо, що швидкість деформації в'язкоінерційного тіла менше в $x = \frac{1}{\sqrt{\omega^2 + c^2}}$ разів. Різниця в швидкостях деформації зростає зі зменшенням в'язких опорів і підвищення частоти прикладання деформуючого навантаження.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кут зсуву фаз між деформацією і деформуючою силою зростає при збільшенні коефіцієнта в'язких опорів і зниження частоти.

2.3 Механічні моделі широко поширених реологічних тіл

Найбільш важливим реологічним показником властивостей матеріалу є залежність швидкості деформації від напруги. Для більшості харчових мас ця залежність має складний характер. У цих випадках реологічні властивості характеризуються кривою залежності швидкості деформації від напруги. При розрахунку деформації харчових і полімерних матеріалів застосовують досить складні моделі, наприклад трьохелементну модель Максвелла-Томсона або чотирьохелементна модель Бюргерса, які однак, не повною мірою відображають в'язкопружні властивості хліба. Є ряд робіт, в яких зроблена спроба моделювати той чи інший технологічний процес. Наприклад, Н.К.Гупта і К.Д.Чойшнер запропонували описувати деформацію свіжого хліба при різанні реологічною моделлю Шоффільда-Скотт-Блера з елементом, що відображає втрату міцності хліба при зрізі.

Відомо, що різання хліба починається при $\tau > \tau_v$. Для створення невеликої пластичної деформації хліба необхідно, щоб час прикладання навантаження (різання) був якомога менше, тобто швидкість деформації повинна бути такою, щоб максимальне напруження на зріз виникло за мінімальний час, а пластична деформація була б незначною. Обґрунтування конструкції віброрізальної машини і вибір її динамічних параметрів вимагає побудови адекватної математичної моделі процесу. Розрахункова схема віброрізального процесу приведена на рисунку 2.2.

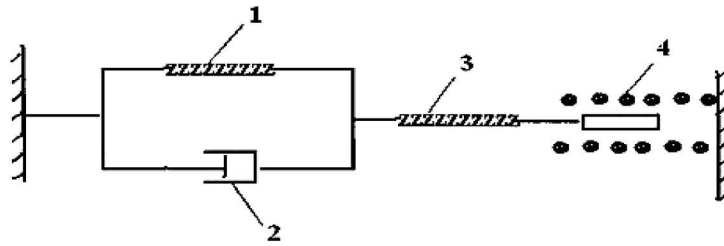
Згідно моделі на рисунку 2.2 запишемо для напруги:

$$\tau = \tau_1 = \tau_2, \quad (2.3)$$

а для деформацій:

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2. \quad (2.4)$$

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



1 - пружна компонента моделі з модулем зсуву G_2 ; 2 - в'язка компонента моделі з коефіцієнтом динамічної в'язкості μ ; 3 - пружна компонента моделі з модулем зсуву G_1 ; 4 - вібраційний вузол

Рисунок 2.2 – Розрахункова схема для побудови процесу віброрізання хліба

Згідно закону Гука для зсуву напруга має такий вираз:

$$\tau = \tau_1 = G_1 \gamma, \quad (2.5)$$

де τ – дотичні напруження в загальній моделі;

τ_1 – дотичні напруження в моделі Кельвіна-Фойгта;

τ_2 – дотичні напруження в тілі Гука;

γ – деформація зсуву;

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості;

G – модуль зсуву.

Для паралельного з'єднання пружного і в'язкого елементів справедливий вираз:

$$\tau = \tau_2 = G_2 \gamma_2 + \mu \frac{d\gamma_2}{dt}. \quad (2.6)$$

Виконавши відповідні підстановки та перетворення отримали диференціальне рівняння в загальному вигляді:

$$\frac{d\tau}{dt} + \frac{G_1}{\mu} \left(1 + \frac{G_2}{G_1} \right) \tau = G_1 \frac{d\gamma}{dt} + \frac{G_2 G_1}{\mu} \gamma, \quad (2.7)$$

де $\frac{d\gamma}{dt}$ – швидкість зсуву.

Наклавши на систему гармонійні зсувні деформації отримаємо:

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma = A \sin \omega t, \quad (2.8)$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = A \omega \cos \omega t. \quad (2.9)$$

Тоді диференціальне рівняння матиме вигляд:

$$\frac{d\tau}{dt} + \frac{G_1}{\mu} \left(1 + \frac{G_2}{G_1}\right) \tau = G_1 A \omega \cos \omega t + \frac{G_2 G_1 A}{\mu} \sin \omega t. \quad (2.10)$$

Рівняння (2.10) можна привести до лінійного диференціального рівняння першого порядку:

$$\frac{d\tau}{dt} + \alpha \tau = Q(t) \quad (2.11)$$

$$\text{або} \quad t + P(t)\tau = Q(t), \quad (2.12)$$

$$\text{де } P(t)=\alpha; Q(t) = b \cos \omega t + c \sin \omega t; b = G_1 A \omega; c = \frac{G_2 G_1 A}{\mu}.$$

Виконавши тригонометричні перетворення та інтегрування отримаємо кінцеву формулу, що дозволяє аналізувати різні кінематичні та динамічні параметри процесу віброрізання хліба.

$$\tau = \sqrt{\frac{b^2 - c^2}{a^2 + \omega^2}} [e^{-at} \sin(\beta - \varphi) + \sin(\omega + \omega t - \beta)], \quad (2.13)$$

$$\text{де } a = \frac{G_1}{\mu} \left(1 + \frac{G_2}{G_1}\right); b = G_1 A \omega; c = \frac{G_2 G_1 A}{\mu}; \beta = \arctg \frac{\omega^2}{a}; \varphi = \arctg \frac{b}{c}.$$

Підставивши експериментальні дані отримаємо формулу для визначення питомого зусилля різання від частоти вібрації ножів і характерну криву на графіку.

$$F(\omega) = 50e^{-0,04\omega} \sin(1,2 + 0,12\omega) + 35. \quad (2.14)$$

Графічно залежність зусиль різання від частоти коливань ножів наведена на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Графік залежності зусиль різання від частоти коливань ножів

Дана залежність є усередненою характеристикою для різних сортів хліба.

2.4 Механізм віброрізання хлібобулочних виробів

На підставі гіпотези контурів, запропонованої професором А.Ф.Кечігінім і хвильової теорії розкриття тріщини, розробленої академіком Г.І.Баренблаттом, дана модель опису механізму віброрізання. Вона враховує конструктивний кут заточування різального органу при знакозмінних навантаженнях, дозволяє провести розрахунок енергії, необхідної для віброрізання багатьох харчових продуктів. При цьому відбувається підсумовування елементарних енергій на подолання пружних деформацій розриву контурів, утворення ядра під ріжучим інструментом, тертя ядра об матеріал і ріжучий інструмент і подолання пружних деформацій харчового продукту, що не використовуються при різанні. В процесі вібраційного різання в зоні контакту ріжучого інструменту з матеріалом відбуваються вигин і розрив контурів. У місці контакту утворюється ущільнене ядро диспергованого матеріалу, за допомогою якого на матеріал передається гнучке навантаження від нормальних і тангенціальних сил і сил тертя зі сферичним розподілом тиску та максимальним його значенням в центрі площадки контакту. З наростанням зовнішньої сили, а,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

отже, і внутрішніх опорів деформації матеріалу, в вершині тріщини накопичується потенційна енергія. Розкриття тріщини відбувається в сторону робочої поверхні тіла за рахунок концентрації напружень у її вершині і хвильового перерозподілу накопиченої матеріалом енергії.

Зроблено припущення, що коливання ріжучого інструменту, потрапляючи в резонанс з коливаннями концентрації напружень у вершині тріщини, викликають зниження зусиль різання. Подальше збільшення частоти вібрацій веде до виходу з резонансу і зростання зусиль різання. Хвилі напружень досягають вільної поверхні матеріалу і утворюють відбиті хвилі.

Колівання відбитих хвиль, складаючись з власними коливаннями контурів, дають новий резонанс і зниження зусиль при більш високих частотах різання. Потім картина повторюється при подальшому зростанні частоти.

В процесі вібраційної обробки поверхневого шару, наприклад, хліба, відбувається його пластичне деформування при віброударному впливі ножа, який рядками рухається уздовж поверхні, вдаряючись з ній при малих імпульсах удару. При цьому змінюється як геометрія (чистота) самої поверхні, так і структура тонких поверхневих і приповерхневих шарів хліба, в яких виникають шари впорядкованих наноструктур. Ці наноструктури в приповерхневих шарах оброблюваного матеріалу відповідають за фізичні властивості одержуваної поверхні, а її якість, в свою чергу, залежить від параметрів віброобробки. При цьому пластично деформується і зміцнюється поверхневий наносар хліба, що розрізається, знімаються залишкові макро- і мікронапруги, згладжуються нерівності поверхні та створюється, в результаті, покращений поверхневий шар з регулярним характером мікрорельєфу.

Дослідження, проведені після обробки матеріалу віброрізанням і вигладжуванням, показали, що структури, які виникають при такому впливі, мають характерний розмір 90-120 нм, а не 300-400 нм, як при звичайному ковзкому різанні. Таким чином, для отримання реальної інформації про якість різання та підборі режиму обробки необхідно застосовувати методи сучасних нанотехнологічних діагностик [12].

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Віброрізання завжди ефективно при використанні явища авторезонансу - явища, при реалізації якого система загального вигляду здійснює рух як би в уявному «світі без тертя» [13, 14]. Авторезонанс гарантує максимальну ефективність функціонування машини з урахуванням зворотної дії на неї поверхневих і приповерхневих наночарів оброблюваного середовища.

У порівнянні з використовуваними в даний час технологіями обробки авто резонанс в рази збільшує технологічну ефективність машин і пристроїв.

При цьому суттєвим фактором є значне зниження енергоспоживання, яке, відповідно до теорії та проведеними дослідженнями [14], виявляється мінімально можливим на даному класі пристроїв.

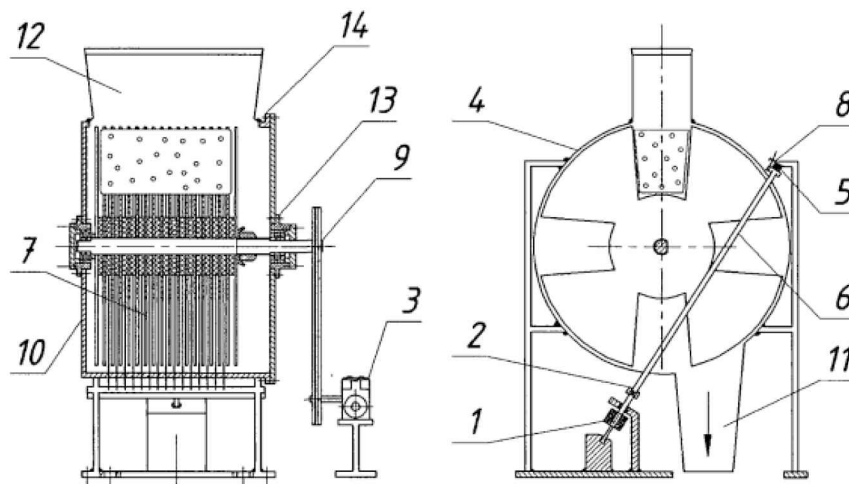
Проведені дослідження підтвердили зміну структури поверхневих і приповерхневих наночарів оброблюваного хліба, при багаторазовому зниженні споживаної енергії та металоємності машин.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Експериментальна машина для нарізки хліба та методика її розрахунку

Експериментальна машина для нарізки хліба складається з чотирьох основних вузлів: приводу, механізму різання, механізму подачі хліба і розвантажувального пристрою. Загальний вигляд та схема експериментальної машини наведені на рисунках 3.1 та 3.2.



1 - вібродвигун; 2 - пружна муфта; 3 - мотор-редуктор; 4 - ротор;
5 – поворотна пружина; 6 - ножова решітка; 7 - тензодатчик загального зусилля;
8 – тензодатчик дотичного зусилля; 9 - шків; 10 - станина; 11 - направляючий спуск; 12 – бункер подачі хліба; 13 - регулювальний вузол; 14 - кінцевий вимикач

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд експериментальної машини ВХР-100

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

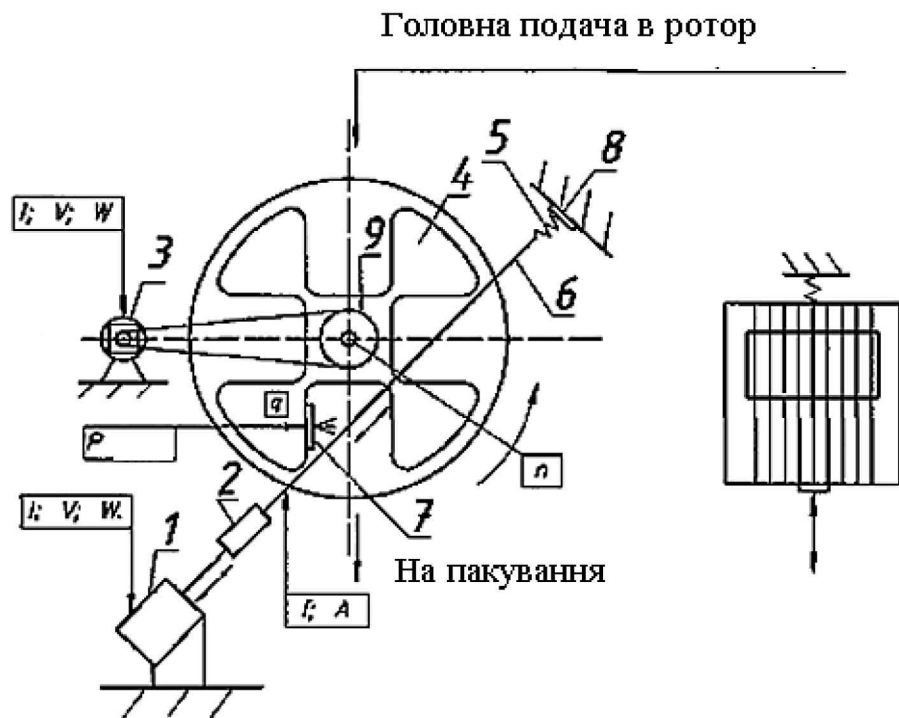


Рисунок 3.2 – Схема експериментальної машини VXR-1000

Пропонована розробка відноситься до пристрою для подачі і нарізки прямокутних предметів, переважно хліба в хліборізальній машині та може бути використано в хлібопекарській галузі харчової промисловості. Мета розробки полягає в підвищенні продуктивності і безпеки, зниженні витрат на придбання машини, а також в можливості нарізки хліба з в'язкою консистенцією в теплому вигляді.

Відомі пристрої, що виконують кінцеві операції при виробництві хліба (розрізання, загортання), і використовуються в хлібопекарській промисловості. Найбільш близьким за технічною сутністю та позитивним ефектом є хліборізальна машина, яка містить в собі ножовий блок, розрізаючий штовхач, відвідний конвеєр і ведучі частини [1,2]

Такі пристрої забезпечують певну швидкість нарізки і якісно нарізають тільки остиглий хліб, проте складні в кінематичному відношенні та мають досить високу енергоємність.

Пропонований пристрій в порівнянні з вже відомими дозволяє нарізати м'який хліб, підвищити продуктивність і безпеку, знижує витрати на придбання та експлуатацію машини, оскільки конструкція суттєво спрощена.

Технічний ефект можливий завдяки тому, що в пропонованій хліборізальній машині застосований роторний гребінчастий штовхач і ножова решітка з вібраційним принципом різання, що дозволяють нарізати без втрат і зниження продуктивності хліб в м'якому стані.

Механізм подачі хліба дослідної хліборізки виконаний у вигляді роторного гребінчастого штовхача, насадженого на вал і має в передній частині решітчасте огороження, що перешкоджає випаданню виробів з нього.

Ножова решітка має десять пластинчастих самозагострювальних ножів. Відстань між ножами, жорстко закріпленими в каркасі – 20 мм, що дозволяє нарізати хліб скибочками зазначеної ширини. Загальна довжина хліба при нарізці становить до 240 мм, що відповідає максимальним розмірами хліба. Після нарізки хліба ножовою решіткою він надходить в приймальний лоток самостійно під дією сили тяжіння. Завантаження хліба може проводитися як збоку через завантажувальний стіл або синхронно працюючий конвеєр, так і зверху, з надітими на кожух завантажувальний бункер. Вивантаження відбувається через приймальний лоток, під який необхідно ставити піднос для нарізаного хліба або пристрій упаковки.

Принцип дії машини. Обертання від електродвигуна через редуктор і ремінну передачу передається на ведений вал роторного гребінчастого штовхача. Хліб, закріплений між пластинами гребінчастого штовхача, здійснює круговий обертальний рух. Ножова решітка здійснює зворотно-поступальний рух з регульованою частотою 12-120 Гц і її хід становить 0,3 мм-3,0 мм, рух передається від вібродвигуна, з'єданого з ножовою решіткою. Під час зустрічі хліба, закріпленого в гребінчастому штовхачі, з ножовою решіткою відбувається нарізка хліба скибочками. Під час різання хліб і ножова решітка рухливі, при цьому зусилля гребінчастого штовхача на хліб чисто символічно, і збільшується з ростом жорсткості хліба.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Для дослідження впливу низькочастотних механічних коливань на пито́ме зусилля віброрізання харчових продуктів була розроблена методика проведення експериментальних досліджень, заснована на тензOMETричних вимірах питомих зусиль різання при різних параметрах вібрацій ріжучого елемента та різною швидкістю подачі продукту.

Дослідження проводилося при амплітудах коливань ріжучого інструменту від 0 до 3 мм, на частотах 12, 25, 50, 75, 100 Гц. В якості ріжучих органів використовувалися пластинчасті ножі з інструментальної сталі розміром 300x15x0,4 мм встановлені в рамному тримачі через 12 мм. Швидкість подачі продукту роторним пристроєм змінювалася від 0 до 0,2 м/с.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1 Вплив вібрації на питоме зусилля різання

Дослідження проводилися на хлібі **житньому заварному з родзинками**, як найбільш важконарізному, для якого були отримані залежності нормальної та дотичної складових загального зусилля різання від частоти та віброприскорення, амплітуди коливань і товщини ріжучого елемента, швидкості подачі продукту. Порівняння проводилося з хлібом **житньо-пшеничним Пушкарівським, батонем Фантазія**.

Аналіз результатів експерименту показав, що застосування вібрації ріжучого інструменту в напрямку перпендикулярному подачі продукту призводить до суттєвого зменшення питомих зусиль різання (в 3-5 разів), а характер зміни зусиль відповідає процесу віброрізання інших пружних матеріалів (рис. 4.1).

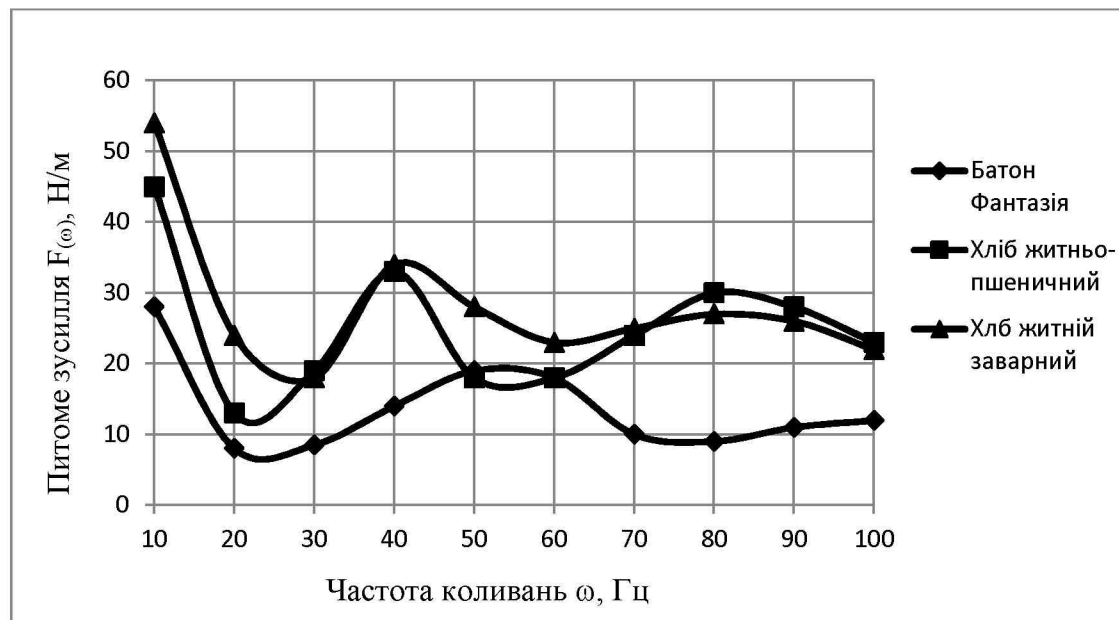


Рисунок 4.1 – Залежність питомих зусиль віброрізання від частоти коливань ріжучого органу при $A = 1$ мм; $V_n = 0,1$ м/с для: хліба житнього заварного з родзинками; хліба житньо-пшеничного Пушкарівського; батона Фантазія

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Питомі зусилля віброрізання для досліджуваних харчових продуктів носять затухаючий гармонійний характер: знижуються з ростом частоти коливань (зона резонансу), потім зростають до рівня, розташованого нижче величини статичного зусилля різання (вихід з резонансу) і знову знижуються (повторний резонанс) і зростають зі зменшенням розмаху коливань величини зусиль і т.д.

Аналіз літературних джерел і результатів експериментів показує, що питомі зусилля віброрізання хлібобулочних виробів близькі та для деяких інших продуктів (м'ясо, риба, овочі) у всьому розглянутому діапазоні частот, амплітуд, віброприскорень і швидкостей подач (в умовах експерименту). Дослідження проводилося при амплітудах коливань ріжучого інструменту від 0 до 3 мм на частотах 12, 25, 50, 75, 100 Гц. В якості ріжучих органів використовувалися пластинчасті ножі з інструментальної сталі розміром 300x15x0,4 мм, встановлені в рамному тримачі через 12 мм. Швидкість подачі продукту роторним пристроєм змінювалася від 0 до 0,2 м/с.

На рисунку 4.2 наведений графік залежності питомого зусилля різання хліба від кута ковзання ножової решітки.



Рисунок 4.2 – Залежність питомого зусилля різання хліба від кута ковзання ножової решітки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Як видно з графіка при куті ковзання ножової решітки в діапазоні 60° питоме зусилля суттєво зменшується, тобто забезпечується висока якість поверхні зрізу.

Питоме зусилля віброрізання зменшується зі збільшенням частоти руху ріжучого органу, а з ростом амплітуди вібрації, віброприскорення і швидкості подачі продукту - зростає. Питоме зусилля віброрізання росте також зі збільшенням швидкості подачі, а при збільшенні частоти та амплітуди вібрацій, віброприскорення ріжучого органу носить затухаючий гармонійний характер, змінюючись хвилеподібно з досягненням мінімальних значень в зоні першого оптимуму. Зменшення товщини ріжучого інструменту веде до зниження питомих зусиль віброрізання. Інтенсифікація процесу віброрізання можлива при оптимальному поєднанні частоти та амплітуди вібрації, швидкості подачі продукту, тобто при мінімумі питомих зусиль віброрізання. Дослідження проводилися в діапазоні частот вібрації ріжучого органу від 15 до 120 Гц з оптимумом $f_{\text{опт}} = 25-35$ Гц, амплітуд коливань від 0,1 до 3,0 мм з оптимумом $A_{\text{опт}} = 0,5-0,7$ мм.

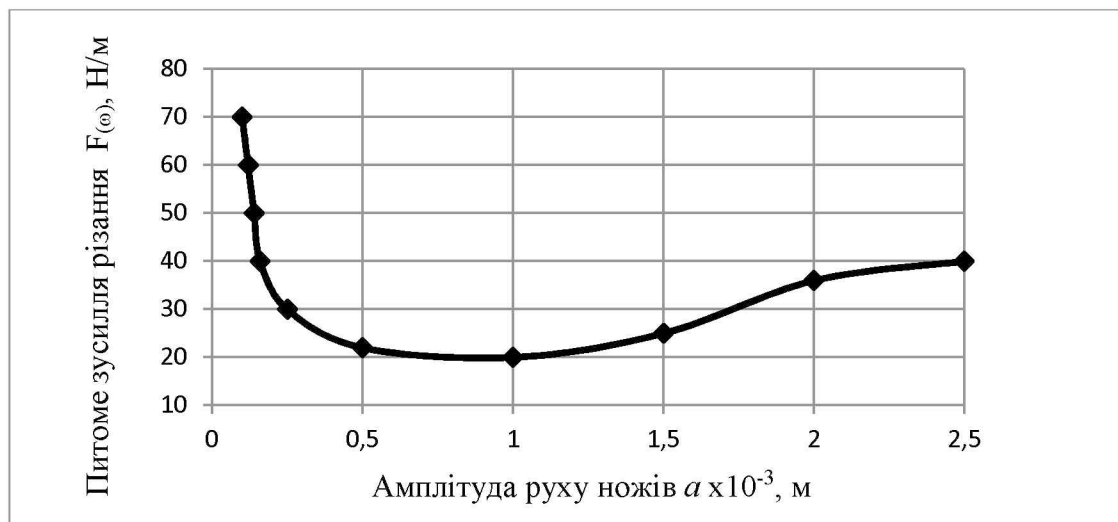


Рисунок 4.3 – Залежність питомого зусилля різання хліба від амплітуди позовжнього руху ножів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для віброрізання досліджуваних хлібопродуктів застосовувалися частоти вібрації ріжучого органу від 15 до 120 Гц з оптимумом $f_{\text{опт}} = 25-35$ Гц, амплітуди коливань від 0,1 до 3,0 мм з оптимумом $A_{\text{опт}} = 0,5-0,7$ мм.

Аналіз результатів експерименту показав, що застосування вібрації ріжучого інструменту в напрямку, перпендикулярному подачі продукту, призводить до суттєвого зменшення питомих зусиль різання (в 3-5 разів), а характер зміни зусиль відповідає процесу віброрізання інших пружних матеріалів. Питомі зусилля віброрізання для досліджуваних харчових продуктів носять затухаючий гармонійний характер: знижуються з ростом частоти коливань (зона резонансу), потім зростають до рівня, розташованого нижче величини статичного зусилля різання (вихід з резонансу) і знову знижуються (повторний резонанс) і зростають зі зменшенням розмаху коливань величини зусиль. Така отримана картина зміни питомих зусиль віброрізання близька для хлібобулочних виробів, картоплі та м'ясних продуктів у всьому розглянутому діапазоні частот, амплітуд, віброприскорень і швидкостей подач в умовах експерименту.

Тангенціальна складова зусилля віброрізання зменшується з збільшенням частоти руху ріжучого органу, а з ростом амплітуди вібрації, віброприскорення і швидкості подачі продукту - зростає.

Нормальна складова зусилля віброрізання зростає зі збільшенням швидкості подачі, а при збільшенні частоти і амплітуди вібрацій, віброприскорення ріжучого органу носить затухаючий гармонійний характер, змінюючись хвилеподібно з досягненням мінімальних значень нормальних зусиль у зоні першого оптимуму. Загальний характер кривих однаковий, однак зі зростанням модуля пружності продукту і його твердості зміни нормальних зусиль віброрізання (розмахи коливань) більш помітні. Зменшення товщини ріжучого інструменту веде до зниження нормальних зусиль віброрізання. Інтенсифікація процесу віброрізання можлива при оптимальному співвідношенні частоти і амплітуди вібрації, віброприскорення ріжучого органу і швидкості подачі продукту, тобто при мінімумі питомих зусиль віброрізання.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведені дослідження дозволяють рекомендувати для використання в харчовій промисловості та громадському харчуванні для віброрізання досліджуваних хлібопродуктів частоти вібрації ріжучого органу від 15 до 50 Гц з оптимумом $f_{\text{опт}} = 25-35$ Гц, амплітуди коливань від 0,1 до 2,2 мм з оптимумом $A_{\text{опт}} = 0,35$ мм.

Запропонована модель процесу віброрізання з урахуванням впливу параметрів вібрації на зусилля різання дозволяє за допомогою комп'ютерної програми моделювати і оптимізувати зміну частоти, амплітуди вібрації, швидкості подачі і кута подачі ріжучого органу при віброрізанні хліба.

4.2 Ріжучий інструмент для віброрізання

У харчовій промисловості, а також в громадському харчуванні є досить велика кількість різних технологічних машин, що здійснюють подрібнення харчової сировини за допомогою лезового інструменту. Найчастіше він має дуже низьку зносостійкість. Швидкий знос і затуплення ріжучих елементів і, як неминучий наслідок, робота машин з недостатньо гострим інструментом викликає зростання енергоємності процесів обробки матеріалу, завищені втрати сировини, зниження якості роботи подрібнюючих машин в цілому, підвищення зносу, поломки і вихід з ладу деталей силових передач. Експлуатація такого обладнання пов'язана з великими непродуктивними витратами робочого часу на перезаточки затуплених та заміну зношених ріжучих елементів машин.

Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням швидкості різання на машинах рамного типу поліпшується якість зрізу і знижується кількість відходів і браку. Однак інерційні зусилля, створювані рухомими ножовими рамами, викликають вібрацію корпусу та основних вузлів машини, що вимагає високого ступеня натягу ножів і обмежує інтенсифікацію режиму різання. Разом з тим встановлено, що для зниження величини натягу ножів доцільно розміщувати їх ексцентрично. Зсув отворів кріплення ножів на 3 мм в сторону ріжучої кромки дозволяє в 2 рази збільшити розтягуючі напруги в порівнянні з

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

симетричним кріпленням. Це істотно покращує роботу ножових рам, підвищує швидкість різання, значно знижує навантаження на ножові рами і забезпечує хорошу якість зрізу.

Невирішеною проблемою при нарізці хліба є перезаточки затуплених та заміна зношених ріжучих елементів машин.

З метою поліпшення ріжучої здатності, зменшення зносу і збільшення періоду стійкості лезових інструментів був проведений експеримент по застосуванню лез з найбільш поширеної вуглецевої інструментальної сталі марки У10А з ріжучою кромкою з карбідним загартуванням (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Експериментальний ніж з ножової решітки

Виходячи з хвильової теорії розкриття тріщин, прийнятої для пояснення процесу віброрізання, на основі динамічної теорії розкриття тріщин для матеріалів, які руйнуються під дією циклічних деформацій, оптимальний час роботи інструменту між перезаточками визначається за формулою:

$$t_{\text{опт}} = \frac{f^{\lambda-1}}{A_0 \pi \delta^2} \left[\frac{1}{\left(\sqrt{2\pi C_{oi} \delta_m} \right)^{\frac{2(\beta m \beta - 1)}{1+\beta}}} - \frac{1}{\left(\sqrt{\pi C_{fi} \delta} \right)^{\frac{2(\beta m \beta - 1)}{1+\beta}}} \right], \quad (4.1)$$

де f - частота циклічних навантажень;

λ - показник статичного деформаційного зміцнення ($\lambda = 0,1 + 0,2$);

A_0 - коефіцієнт пропорційності, що враховує форму різального інструменту. Для лезового інструменту з двостороннім заточуванням $A_0 = 1,096$;

δ - розрахункова напруга розкритої тріщини;

C_{oi} - величина зношування інструменту, яка дорівнює половині довжини мікронерівності або глибини тріщини кожного матеріалу в початковій стадії різання;

C_{fi} - гранично допустима величина зношування поверхні кожного шару ріжучого органу;

δ_m - максимальне значення напруги розкриття тріщини при знакозмінному навантаженні;

β - показник циклічного деформаційного зміцнення сталі (для У10А В=0,25);

m - показник, що відображає виникнення зародків утворення тріщин при циклічних навантаженнях. Для інструментальних сталей $m = 3-10$.

Аналіз отриманих експериментальних і розрахункових даних дозволив зробити висновки, що найбільш інтенсивний знос ріжучої кромки ножа відбувається в початковий період різання, що становить до 20% від періоду стійкості леза, потім знос протікає менш інтенсивно, наближаючись до граничної величини. Загартування ріжучої кромки ножа збільшує період їх стійкості приблизно в 2 рази.

Запропонована формула розрахунку оптимального часу роботи машини між перезаточками дає можливість обґрунтовано планувати час роботи і ремонту подрібнюючих і різальних машин вібраційного дії.

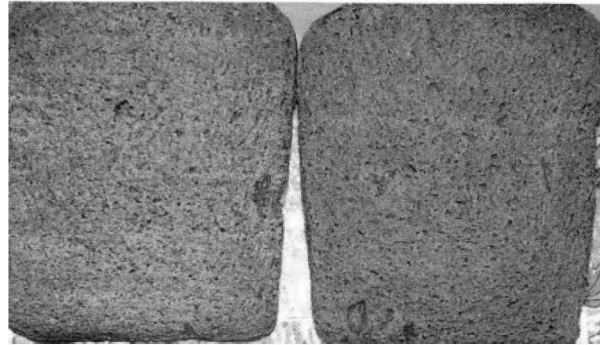
Якість нарізання продуктів, як в харчовій промисловості, так і в громадському харчуванні досі визначається органолептичним методом, хоча до якості нарізки пред'являються цілком певні та досить суворі вимоги. Досить точно про якість процесу різання судять за кількістю крихт, некондиційних частинок і браку в загальній масі нарізаного продукту.

Відходи у виробництві з цієї причини виникають в основному через низьку якість нарізки хліба.

В експерименті до порівняння були прийняті рублений і вібраційний види різання одним і тим же лезом із середнім зносом ріжучої кромки при радіусі заокруглення 15 мкм. На рисунку 4.5 наведені фото зразків зрізів хлібу. Зіставлення поверхонь зрізів проводилося по співвідношенню середніх розмахів коливань мікронерівностей по довжині зразка. Середня величина

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

висоти виступів і глибина западин при віброрізанні була в 2-2,6 разів менше, ніж при рубленому різанні і в 1,5 рази менше, ніж при ковзкому різанні. Таким чином, метод мікроскопічних досліджень показує, що розподіл світлих і темних ділянок на мікрофотографіях відповідало нерівностям рельєфу. Дрібна сітка на поверхні зразків, отриманих віброрізанням, свідчила про відносну гладкість



а

б

- а) звичайним способом - середня величина висоти виступів 280-340 мкм;
б) із застосуванням віброрізання - середня величина висоти виступів 90-120 мкм.

Рисунок 4.5 – Зразки нарізаного хліба

поверхні, тоді як на зрізах без вібрації було видно великі западини і виступи. При віброрізанні висота мікронерівностей зменшувалася з 280-340 мкм до 90-120 мкм.

Від кількості виступів і западин поверхні зрізу залежать втрати сировини у вигляді крихти і товарний вигляд продукції. У роботі експериментально виведена залежність зусилля різання від кута ковзання ріжучого інструменту.

Значення питомих зусиль різання овочів і м'яса для різних напрямків коливань ріжучих інструментів при швидкості подачі 0,15 м/с, частоті коливань 50 Гц і товщині ножа 0,63 мм досліджені в роботах, де визначено, що використання як поперечних, так і поздовжніх коливань істотно знижує питоме зусилля різання.

Висока якість поверхні зрізу забезпечувалася при нахилі ножа в діапазоні 60 ° (рис.4.2), при цьому зниження питомого зусилля різання від нахилу суттєве

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

і при використанні вібрації досягає 42%. Відповідно знижується витрата електроенергії і навантаження на всі вузли машини.

Ретельна обробка поверхні ножів зменшує коефіцієнт тертя бічних сторін скибочок об ніж, скорочує тривалість витримування хліба перед нарізкою. Застосування віброрізання знижує ці вимоги. Дослідження дозволяють також рекомендувати кут заточування ножа, який трохи більше оптимального кута заточки для безвібраційного різання, що дозволяє збільшити термін його служби. Різання продукту більш тонкими ножами (як показали експерименти) не призводить до суттєвої зміни зусилля в результаті його затуплення в процесі експлуатації.

Нормальна складова зусилля віброрізання зростає зі збільшенням швидкості подачі, а при збільшенні частоти і амплітуди вібрацій, віброприскорення ріжучого органу носить затухаючий гармонійний характер, змінюючись хвилеподібно з досягненням мінімальних значень нормальних зусиль в зоні першого оптимуму. Загальний характер кривих однаковий, проте з зростанням модуля пружності продукту і його твердості зміни нормальних зусиль віброрізання (розмахи коливань) більш помітні. Зменшення товщини ріжучого інструменту веде до зниження нормальних зусиль віброрізання. Інтенсифікація процесу віброрізання можлива при оптимальному поєднанні частоти і амплітуди вібрації, віброприскорення ріжучого органу і швидкості подачі продукту, тобто при мінімумі питомих зусиль віброрізання.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють рекомендувати для використання в харчовій промисловості та громадському харчуванні для віброрізання досліджуваних хлібопродуктів хліборізальну машину з такими режимами різання: частота вібрації ріжучого органу від 15 до 50 Гц з оптимумом $f_{\text{опт}} = 25-35$ Гц, амплітуда коливань від 0,1 до 2,2 мм з оптимумом $A_{\text{опт}} = 0,35$ мм, віброприскорення від 1,5 до 3,5 з оптимумом $g_{\text{опт}} = 3,0g$.

Отже, основні шляхи подальшого вдосконалення хліборізальних машин полягають в інтенсифікації режимів різання і раціональному виборі геометрії ножів.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

Експериментальна машина для нарізки хліба ВХР-1000 може використовуватися як в стаціонарних (в лініях безперервної дії), так і в умовах підприємств громадського харчування, проста в експлуатації і обслуговуванні.

Хліборізка ВХР-1000 може виробляти нарізку як свіжого, так і черствого хліба без переналагодження. В умовах промислового виробництва це актуально.

5.1 Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Охорону праці і здоров'я громадян віднесено до пріоритетних напрямків соціальної політики України [16].

Критична ситуація в Україні у сфері безпеки праці проявляється високим рівнем виробничого травматизму і професійної захворюваності, незадовільними умовами праці та санітарним станом підприємств, внаслідок чого держава втрачає кваліфікованих працівників, а натомість отримує десятки тисяч осіб, які потребують повноцінного соціального захисту.

Причинами формування несприятливих умов праці залишаються недосконалі технології, машини і механізми, їхня несправність, невикористання засобів захисту, порушення правил техніки безпеки, режимів праці і відпочинку.

Більше 70% підприємств України не відповідають санітарним правилам. Особливо незадовільний санітарний стан відмічається на середніх і малих підприємствах та підприємствах приватної форми власності, які явно недостатньо охоплені державним санітарним наглядом.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Так як за тематикою кваліфікаційної роботи досліджувалась конструкція і режими роботи хліборізки розглянемо вимоги безпеки при роботі з хліборізкою.

При роботі з хліборізкою слід [18]:

- дотримуватися всіх вимог безпеки, наведених в інструкції з експлуатації заводу-виробника;
- користуватися хліборізкою тільки для тієї роботи, яка передбачена інструкцією по її використанню;
- повідомляти про майбутній запуск хліборізки всім працівникам, які знаходяться поруч;
- включати і вимикати хліборіжку тільки сухими руками і виключно за допомогою кнопок «пуск» і «стоп»;
- не торкатися відкритих і не огорожених струмоведучих частин хліборізки, оголених і з пошкодженою ізоляцією проводів;
- запускати хліборіжку, тільки якщо надітий верхній кожух і справний кінцевий вимикач електричного двигуна;
- виконувати укладання хліба тільки при нерухомій каретці, при цьому вона не повинна бути гарячою;
- перед тим, як включити електродвигун хліборізки, слід закріпити покладений в лоток хліб і опустити захисну решітку;
- регулювати товщину нарізаних скибочок тільки при вимкненому електродвигуні;
- застряглі скибочки хліба прибирати тільки при вимкненому двигуні, перед цим застопорити противагу гвинтом в такому положенні, при якому ніж виявляється внизу.

При експлуатації хліборізки неприпустимо:

- виконувати роботу зі знятим з хліборізки загороджувальним кожухом, при пошкодженні будь-якого вузла (особливо електроблокування);
- завищувати допустиму швидкість роботи;

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- діставати руками застряглий продукт, поміщати руки в небезпечні зони;
- прошовхувати (утримувати) продукт руками або іншими сторонніми предметами;
- переміщати (пересувати) включену в електромережу хліборізку;
- залишати без нагляду працюючу хліборізку, допускати до роботи з нею ненавчених і сторонніх осіб.

Заточувати ніж хліборізки слід тільки за допомогою заточувального пристрою, встановленого на хліборізку. Для заточування ніж встановити в крайнє верхнє положення, закріпити противагу стопором вручну (рукояткою), повернути диск і виконати заточку. Завершивши заточку ножа, встановити пристосування для зняття абразивного пилу; повернути ніж за рукоятку і зняти з нього пил м'якими повстяними щітками.

Чистити дисковий ніж хліборізки від налиплого хліба необхідно, використовуючи спеціальні скребки.

Проводити огляд, регулювання, усунення виниклої несправності хліборізки, видаляти застряглий продукт, чистити ніж необхідно тільки після того, як вона зупинена за допомогою кнопки «стоп», вимкнена з електромережі, на пусковому пристрої вивішений плакат «Не включати! Працюють люди!» і тільки коли повністю зупинений дисковий ніж.

Вимоги безпеки після закінчення роботи:

- хліборізку вимкнути за допомогою кнопки «стоп», відключити електродвигун з електромережі;
- очищати хліборізку від хлібних крихт тільки щіткою після повної зупинки дискового ножа і установки його і противаги в крайньому нижньому положенні;
- прибрати весь інвентар, інструменти, обладнання в спеціально передбачені для них місця зберігання. Ніж покласти в пенал (футляр);
- не прибирати сміття, крихти безпосередньо руками, користуватися для цих цілей щітками, совками та іншими пристосуваннями;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- вимити обличчя, руки з милом;
- повідомити керівника про проблеми, що мали місце, і про вжиті заходи;
 - зняти, оглянути, привести в порядок і прибрати до шафи санітарний одяг і взуття.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:

- при появі на корпусі хліборізки напруги, мимовільної зупинки, пошкодженні блокувань та огорож: хліборізку відключити, повідомити про це безпосередньому керівникові (працівникові, який відповідає за безпечну експлуатацію устаткування) і діяти згідно з отриманими вказівками;

- в аварійній обстановці: повідомити про небезпеку оточуючим людям, сповістити безпосереднього керівника, діяти згідно з планом ліквідації аварій;

- при пожежі слід відключити електрообладнання, викликати пожежну частину за телефоном 101, евакуювати людей з приміщення і вжити всіх заходів щодо ліквідації пожежі за допомогою первинних засобів пожежогасіння. Доповісти про те, що трапилося керівнику.;

- при ураженні електрострумом слід негайно вимкнути електрообладнання, звільнити потерпілого від дії електричного струму, надати першу допомогу, викликати швидку медичну допомогу за телефоном 103, повідомити про це безпосереднього керівника;

- при нещасному випадку звільнити потерпілого від впливу травмуючого фактора, надати йому першу допомогу, при необхідності викликати бригаду швидкої допомоги по телефону 103. Доповісти керівнику про подію. Якщо можливо, зберегти обстановку, якщо це не несе загрози виникнення аварії або травмування інших людей.

При дотриманні вищевказаних вимог ризик травмування працюючих зводиться до мінімуму.

З метою підвищення рівня охорони праці пропонується:

1. Проводити профілактичні заходи щодо попередження виробничого травматизму.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Здійснювати контроль за виробничою дисципліною, дотриманням вимог безпеки.

3. Не допускати формального проведення інструктажів з охорони праці.

4. Встановлювати або поновлювати засоби колективного захисту від небезпечних процесів.

5. Поновляти технічні засоби виробництва. Застосовувати сучасні технології.

6. Виділяти більше коштів на заходи та засоби безпеки.

5.2 Екологічна експертиза

Екологічна криза в країні може бути подолана за умови екологічної конверсії - антропогенної діяльності, спрямованої на виконання Державної програми охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки [..]. Це означає, що усі види виробництва для пом'якшення їхньої несприятливої дії на навколишнє середовище необхідно екологізувати. Екологізація - це поширення екологічних принципів та підходів на всі сфери життєдіяльності людського суспільства.

У сфері матеріального виробництва екологізація природокористування включає в себе три компоненти:

а) максимальну ефективність користування ресурсами;

б) відтворення ресурсів та їхня охорона від виснаження;

в) найбільш доцільні способи використання ресурсів.

г) мінімізація розповсюдження відходів, які забруднюють навколишнє природне середовище.

Отже, в основі екологізації лежить раціональне природокористування. Конкретних можливостей екологізації досить багато. В галузі виробництва це перехід на безвідходні технології, бережливе використання невідновлюваних ресурсів, економія енергії, відновлення лісів, повне знешкодження всіх видів відходів до їхнього надходження в навколишнє середовища.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

У сучасний період найбільшу актуальність має переведення виробництва на маловідходні та безвідходні технології. Безвідходною технологією називають такий спосіб виробництва продукції, при якому найбільш раціонально і комплексно використовується сировина і енергія таким чином, що будь-які впливи на навколишнє середовище не порушує його нормального функціонування. У безвідходних технологіях уся сировина перетворюється в продукцію, технологічний процес не дає відходів і всі компоненти сировини знаходять собі застосування. Трудність переходу ряду підприємств на безвідходну технологію допускає їхній перехід спочатку на маловідходні технології тільки як тимчасовий компроміс.

Маловідходна технологія - це такий спосіб виробництва продукції, при якому шкідливий вплив на навколишнє середовище не перевищує рівень, що допускається санітарно-гігієнічними нормами, а відходи направляються на тривале збереження чи переробку.

Причини розростання екологічної кризи.

Аналіз цілого спектру антропогенних впливів на навколишнє природне середовище дозволяє стверджувати, що головними причинами, які призвели до загрозливого для проживання і життєдіяльності стану довкілля є такі:

- застаріла технологія виробництва та фізична і моральна зношеність обладнання;

- висока енергомісткість, матеріаломісткість, водомісткість і трудоемність виробництва. За цими показниками українська промисловість і сільське господарство поступається кращим світовим зразкам у 2-4 рази;

- екологічно недосконала структура промислового виробництва з надзвичайно високою концентрацією екологічно небезпечних виробництв – підприємств паливно-енергетичного комплексу, чорної металургії, хімічної, гірничодобувної промисловості;

- низький агротехнічний рівень сільськогосподарського виробництва, надмірне використання хімічних засобів обробки ґрунтів, підвищення родючості, боротьби зі шкідниками;

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- великої шкоди завдала науково необґрунтована система гідромеліорації – осушувальна на Поліссі та зрошувальна у Степовій зоні, що призвело у першому випадку до зміни водного режиму територій і деградації ґрунтового покриву і умов проживання, а в другому – до розвитку процесів площинного змиву ґрунтів і їх засолення;

- мало уваги приділялося будівництву і ефективній експлуатації природоохоронних систем, введенню в дію загальних і локальних очисних споруд, впровадженню систем оборотного, циклічного і послідовного водопостачання, впровадження мало- і безвідходних технологій, що відбувалося на фоні низького, з точки зору екологічності, рівня експлуатації вже існуючих природоохоронних об'єктів;

- нині відсутні дієві правові і економічні механізми екологічного регулювання природокористування, а існуючі не стимулюють розвиток екологічно безпечних технологій, виробництва так званих «зелених» (екологічнобезпечних) видів продукції та природоохоронних систем;

- недосконалою є на сьогодні сама система управління природокористуванням, яка є надмірно громіздкою, здійснюється переважно за галузевим, а не територіальним принципом і носить контролюючий характер за дотриманням вимог екологічного законодавства.

5.3 Економічна ефективність розробок

Розрахунок вартості пропонованої хліборізки

Вартість пропонованої машини ВХР-1000 можна орієнтовно визначити за співставною масою, коли відома маса еталону та пропонованої машини.

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{ет}} \frac{M_{\text{пр}}}{M_{\text{ет}}}, \quad (5.1)$$

де $C_{\text{пр}}$, $C_{\text{ет}}$ – ціна пропонованої та еталонної машин, грн;

$M_{\text{пр}}$, $M_{\text{ет}}$ – маса пропонованої та еталонної машин, кг.

За еталон приймаємо машину DAUB-208 вартістю 285000 грн.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Ц_{\text{пр}} = 285000 \frac{50}{215} = 65500 \text{ грн.}$$

Повна собівартість пропонованої машини:

$$C = Ц \cdot H_{\text{пр}}, \quad (5.2)$$

де $H_{\text{пр}}$ – нормативний прибуток (15% від вартості машини).

$$H_{\text{пр}} = \frac{Ц \cdot 15}{100}, \quad (5.3)$$

$$H_{\text{пр}} = 65500 \frac{15}{100} = 9825 \text{ грн,}$$

$$C = 65500 - 9825 = 55675 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення в обладнання:

$$K_{\text{об}} = Ц(1+k_{\text{тр}}+k_{\text{м}}), \quad (5.4)$$

де $Ц$ - вартість обладнання, грн;

$k_{\text{тр}}$ - коефіцієнт, що враховує транспортні витрати, $k_{\text{тр}} = 0,1$;

$k_{\text{м}}$ - коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж обладнання, $k_{\text{м}} = 0,15$.

$$K_{\text{об ст}} = 285000 (1+0,1+0,15) = 356250 \text{ грн,}$$

$$K_{\text{об пр}} = 65500 (1+0,1+0,15) = 81875 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості продукції

Собівартість річного випуску продукції по кожній з порівнювальної машин визначається за формулою:

$$C_{\text{п}} = B_{\text{ел}} + \Phi ЗП + B_{\text{соц}} + B_{\text{об}} + B_{\text{накл}} + B_{\text{ін}}, \quad (5.5)$$

де $B_{\text{ел}}$ – витрати на електроенергію, грн;

$\Phi ЗП$ – фонд заробітної плати річний, грн;

$B_{\text{соц}}$ – соціальні відрахування, грн (22% від $\Phi ЗП$);

$B_{\text{об}}$ – витрати на експлуатацію обладнання, грн;

$B_{\text{накл}}$ – накладні витрати, грн;

$B_{\text{ін}}$ – інші витрати (10% від $\Phi ЗП$).

Витрати на електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_{\text{ел}} = B_{\text{ел р}} \cdot Ц_{\text{ел}}, \quad (5.6)$$

де $B_{\text{ел р}}$ – річне споживання електроенергії, кВт/год.;

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_{\text{ел}}$ – вартість кВт/год. електроенергії, грн.

Річна витрата електроенергії на технологічні потреби визначається за формулою:

$$B_{\text{ел р}} = \frac{NtnD}{K_c \text{ККД}}, \quad (5.7)$$

N – споживча потужність обладнання, кВт;

t – тривалість зміни, год.;

n – кількість змін роботи обладнання в день;

D – кількість днів роботи обладнання в день;

K_c – коефіцієнт, що враховує втрати мережі, $K_c = 0,96$;

ККД – коефіцієнт корисної дії, ККД = 0,85...0,90.

$$B_{\text{ел р ет}} = \frac{1,8 \cdot 1 \cdot 290}{0,96 \cdot 0,90} = 2685 \text{ кВт/год.},$$

$$B_{\text{ел р пр}} = \frac{0,49 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 290}{0,96 \cdot 0,90} = 1315 \text{ кВт/год.}$$

Тоді: $B_{\text{ел ет}} = 2685 \cdot 2,3 = 6175$ грн;

$B_{\text{ел пр}} = 1315 \cdot 2,3 = 3024$ грн.

Витрати на заробітну плату працюючих, зайнятих на виконанні механізованого процесу визначаються за формулою:

$$\Phi ЗП = D \cdot t \cdot n \cdot P \cdot C_T, \quad (5.8)$$

де D – кількість днів роботи машини на рік;

t – тривалість зміни, год.;

n – кількість змін;

P – кількість працюючих, зайнятих на виконанні процесу, чол.;

C_T – годинна тарифна ставка з додатковими нарахуванням і соціальними відрахуваннями, грн.

$$\Phi ЗП_{\text{ет}} = 290 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 30 = 69600 \text{ грн},$$

$$\Phi ЗП_{\text{пр}} = 290 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 30 = 69600 \text{ грн}.$$

Відрахування на соціальні потреби складають 22% від $\Phi ЗП$.

$$B_{\text{соц}} = \Phi ЗП \frac{22}{100}. \quad (5.9)$$

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$V_{\text{соц ет}} = 69600 \frac{22}{100} = 15312 \text{ грн,}$$

$$V_{\text{соц пр}} = 69600 \frac{22}{100} = 15312 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію обладнання:

$$V_{\text{обл}} = \PhiЗП \frac{H}{100}, \quad (5.10)$$

де H – норма відрахувань на всі види ремонтного обладнання, %
($H_{\text{ет}} = 50\%$, $H_{\text{пр.}} = 20\%$).

$$V_{\text{обл ет}} = 69600 \frac{50}{100} = 34800 \text{ грн,}$$

$$V_{\text{обл пр}} = 69600 \frac{20}{100} = 13920 \text{ грн.}$$

Накладні витрати:

$$V_{\text{накл}} = \PhiЗП \frac{250(125)}{100}, \quad (5.11)$$

$$V_{\text{накл ет}} = 69600 \frac{250}{100} = 174000 \text{ грн,}$$

$$V_{\text{накл пр}} = 69600 \frac{125}{100} = 87000 \text{ грн.}$$

Інші витрати:

$$V_{\text{ін}} = \PhiЗП \frac{10(5)}{100}, \quad (5.12)$$

$$V_{\text{ін ет}} = 69600 \frac{10}{100} = 6960 \text{ грн,}$$

$$V_{\text{ін пр}} = 69600 \frac{5}{100} = 3480 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість річного випуску продукції:

$$C_{\text{п ет}} = 6175 + 69600 + 15312 + 34800 + 174000 + 6960 = 306847 \text{ грн,}$$

$$C_{\text{п пр}} = 3021 + 69600 + 15312 + 13920 + 87000 + 3480 = 192333 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати складають 1-3% від виробничої собівартості річного випуску продукції.

$$V_{\text{позавир}} = \frac{C_{\text{п}} \cdot 2}{100} \text{ грн,} \quad (5.13)$$

$$V_{\text{позавир.ет}} = \frac{306847 \cdot 2}{100} = 6137 \text{ грн,}$$

$$V_{\text{позавир.пр}} = \frac{192333 \cdot 2}{100} = 3847 \text{ грн.}$$

Повна собівартість річного випуску продукції, $C_{\text{повн}}$:

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{повн}} = C_{\text{п}} + B_{\text{позавир}}, \quad (5.14)$$

$$C_{\text{повн ет}} = 306847 + 6137 = 312984 \text{ грн,}$$

$$C_{\text{повн пр}} = 192333 + 3847 = 196180 \text{ грн.}$$

Повна собівартість 1 т продукції визначається за формулою:

$$C_{\text{п 1т}} = \frac{C_{\text{п}}}{A_{\text{р}}}, \quad (5.15)$$

де $A_{\text{р}}$ – річна програма випуску продукції, т/рік, (продуктивність 1 т/год.)

$$A_{\text{р ет}} = 1 \cdot 8 \cdot 290 = 2320 \text{ т/рік,}$$

$$A_{\text{р пр}} = 1 \cdot 8 \cdot 290 = 2320 \text{ т/рік.}$$

$$C_{\text{п 1т ет}} = \frac{312984}{2320} = 134,9 \text{ т/рік,}$$

$$C_{\text{п 1т пр}} = \frac{196180}{2320} = 84,6 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок енергоємності

Енергоємність визначається як відношення витраченої енергії за одиницю часу на об'єм виробленої продукції за відповідний період часу:

$$F = \frac{B_{\text{ел}}}{A_{\text{р}}}, \quad (5.16)$$

$$F_{\text{ет}} = \frac{6175}{2320} = 2,66 \text{ кВт·год./т,}$$

$$F_{\text{пр}} = \frac{3021}{2320} = 1,3 \text{ кВт·год./т.}$$

Ступінь зниження енергоємності визначається за формулою:

$$C_F = \frac{F_{\text{ет}} - F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}}} 100\%, \quad (5.17)$$

$$C_F = \frac{2,66 - 1,3}{1,3} 100\% = 104\%.$$

Показники ефективності

Річні приведені витрати $B_{\text{р}}$ визначаються за формулою:

$$B_{\text{р}} = C_{\text{п}} + E_{\text{н}} + K_{\text{об}}, \quad (5.18)$$

де $E_{\text{н}}$ = нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_{\text{н}} = 0,15$.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{p \text{ ет}} = 312984 + 0,15 + 356250 = 669234,15 \text{ грн,}$$

$$B_{p \text{ пр}} = 196980 + 0,15 + 81875 = 278855,15 \text{ грн.}$$

Питомі приведені витрати визначають за формулою:

$$B_{\text{пит}} = \frac{B_p}{A_p}, \quad (5.19)$$

$$B_{\text{пит ет}} = \frac{669234,15}{2320} = 288,5 \text{ грн,}$$

$$B_{\text{пит пр}} = \frac{278855,15}{2320} = 120,2 \text{ грн.}$$

Економія від зниження собівартості визначається за формулою:

$$C = C_1 - C_2. \quad (45.20)$$

де C_1, C_2 - собівартість річного випуску продукції за базовим та проєктованим варіантами відповідно.

$$C = 312984 - 196980 = 116004 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_p = B_{p \text{ ет}} - B_{p \text{ пр}}, \quad (5.21)$$

$$E_p = 669234,15 - 278855,15 = 390379 \text{ грн.}$$

Розрахунок техніко-економічних показників

Вартість послуг визначається за формулою:

$$B_{\text{п}} = (C_{\text{п лт}} + \Pi_{\text{п}})A_{\text{п}}, \quad (5.22)$$

де $\Pi_{\text{п}}$ – нормативний прибуток, 15% від $C_{\text{п лт}}$.

$$B_{\text{п}} = (84,6 + 12,69) \cdot 2320 = 225712,8 \text{ грн/т.}$$

Вартість послуг без витрат на $E_{\text{ел}}$ та $\PhiЗП$ розраховується за формулою:

$$B = B_{\text{п}} - (E_{\text{ел}} + \PhiЗП) + \text{ПДВ}, \quad (5.23)$$

$$B = 225712,8 - (3024 + 69600) + 15308 = 168396,8 \text{ грн/т.}$$

Термін окупності визначається за формулою:

$$T = \frac{K_{\text{об}}}{B}, \quad (5.24)$$

$$T = \frac{81875}{168396,8} = 0,5 \text{ року.}$$

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Економічні показники ефективності впровадження розробки

Показники	Варіанти	
	базовий (еталонний)	пропонований
Річна програм випуску, т/рік	2320	2320
Кількість обладнання, шт.	1	1
Капітальні вкладення, грн	356250	81875
Енерговитрати, грн	6175	3024
Енергоємність, кВт·год./т	2,66	1,3
Повна собівартість річного випуску продукції, грн/рік	312984	196180
Кількість працівників, чол.	1	1
Приведені затрати:		
- річні, грн/рік	669234,15	278855,15
- питоми, грн/т	288,5	120,2
Економія від зниження собівартості, грн.	-	116004
Річний економічний ефект, грн	-	390379
Термін окупності, роки	-	0,5

Дані таблиці свідчать, що використання удосконаленої хліборізальної машини ВХР-1000 економічно доцільно, так як очікується зниження енерговитрат, енергоємності, собівартості готової продукції, приведених витрат. Очікувана економія від зниження собівартості продукції 116004 грн. Річний економічний ефект 390379 грн. Термін окупності 6 місяців.

ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз існуючих способів і конструкцій хліборізальних машин, який показав необхідність розробки принципово нового вузла подачі і нарізки хліба вібраційним способом.

2. На підставі експериментальних досліджень процесу нарізки хліба, особливо труднонарізних сортів, обґрунтований і запропонований раціональний і ефективний діапазон частот при вібраційному способі нарізки хліба.

3. Розроблено математична модель процесу віброрізання труднонарізаємих сортів хліба.

4. Встановлено основні закономірності процесу віброрізання та сили, що діють на ніж при вібраційному способі різання.

5. Розроблений безпечний і ефективний роторний вузол подачі для нарізки хліба вібраційним способом, підвищена питома продуктивність хліборізки, її безпека, економічність в роботі і обслуговуванні. На основі аналізу зусиль, прикладених до ріжучого інструменту, експериментально визначено, що раціональним кутом нахилу ножовий решітки до виробу є 50-60°, амплітуда $A_{\text{рац}}=0,5-1,5$ мм і частота руху ножів $\omega=20-35$ Гц.

					КРМ.133ГМмз_21.03.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58