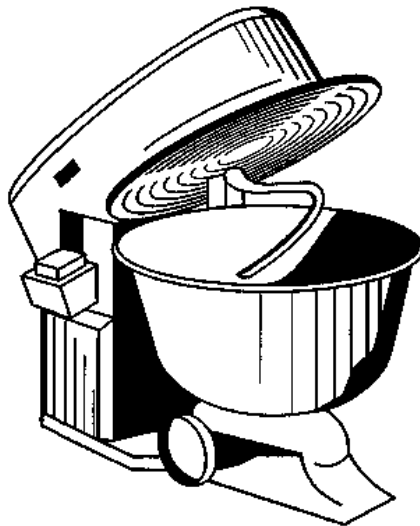


Ф.Ю. Ялпачик, В.П. Янаков

ПРОЦЕСИ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Таврійський державний агротехнологічний університет

Ф.Ю. Ялпачик, В.П. Янаков

ПРОЦЕСИ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН

**Схвалено Міністерством аграрної політики України
як навчальний посібник для використання у навчально-
виховному процесі під час підготовки бакалаврів напрямку
6.100202 "Процеси, машини та обладнання агропромислового
виробництва" у вищих навчальних закладах
II-IV рівнів акредитації**

Монографія

**Вижниця
Видавництво «Черемош»
2014**

УДК 664.65.05
ББК 36.83-5
Я.51

Гриф надано Міністерством аграрної політики України
(Лист № 37-128-13/11097 від 06.06.2013 р.)

Автори:

Ялпачик Ф.Ю. – кандидат технічних наук
Янаков В.П. – кандидат технічних наук

Рецензенти:

Бабицький Л.Ф. – д-р техн.наук, проф.
Орловський Б.В. – д-р техн.наук, проф.
Чурсінов Ю.О. – д-р техн.наук, проф.

Монографія рекомендована вченою радою
Таврійського державного агротехнологічного університету
(Протокол №7 від 29.01.2013 року)

Я.51 **Ялпачик Ф.Ю., Янаков В.П.**
Процеси тістомісильних машин: Монографія. – Вижиця: «Черемош», 2014.
- 163 с.

Монографія містить результати теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на вдосконалення процесу тістоприготування, увібравшого в себе заміс і бродіння тіста. Робота орієнтована на вирішення наукової задачі зниження енерговитрат на тістоприготування шляхом обґрунтування технологічних, конструктивних параметрів і режимів роботи тістомісильної машини періодичної дії.

Методика і програми, представлені для досліджень, дозволяють охарактеризувати способи установлення якісних показників сировини і тіста, а також визначення характеристик процесу тістоприготування.

Представлені теоретичні дослідження дають змогу визначити енергетичний вплив місильного органа в ході процесу замісу тіста. Створена єдина теорія, яка описує заміс і бродіння тіста як єдине ціле.

Здійснення експериментальних досліджень дало змогу підтвердити отримані експериментальні дані і пропоновані теоретичні передумови. Експериментально доказано, що підвищення енергетичного впливу на тісто можливо за рахунок зміни форми місильного органа і системи тістоприготування.

Монография содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на усовершенствование процесса тестоприготовления, включившего в себя замес и брожение теста. Работа ориентирована на решение научной задачи снижения энергозатрат на тестоприготовление путём обоснования технологических, конструктивных параметров и режимов работы тестомесильной машины периодического действия.

Методика и программы, представленные для исследований, позволяют охарактеризовать способы установления качественных показателей сырья и теста, а также определение характеристик процесса тестоприготовления.

Представленные теоретические исследования дают возможность определить энергетическое воздействие месильного органа в ходе процесса замеса теста. Создана единая теория описывающая замес и брожение теста как единое целое.

Осуществление экспериментальных исследований дало возможность подтвердить полученные экспериментальные данные и предлагаемые теоретические предпосылки. Экспериментально доказано, что повышение энергетического воздействия на тесто возможно за счёт изменения формы месильного органа и системы тестоприготовления.

УДК 664.65.05
ББК 36.83-5

Ялпачик Ф.Ю., Янаков В.П., 2014.
Видавництво «Черемош», 2014.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	
СЛОВНИК ТЕРМІНІВ	
ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ	
ТІСТОПРИГОТУВАННЯ	
1.1. Аналіз технологічного вдосконалення замісу тіста.....	
1.2. Розгляд конструкцій тістомісильних машин.....	
1.3. Розгляд конструкцій місильних органів тістомісильних машин....	
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
ТІСТОПРИГОТУВАННЯ	
2.1. Завдання дослідження замісу тіста в робочій камері тістомісильної машини періодичної дії.....	
2.2. Методи встановлення якісних показників тістоприготування.....	
2.2.1. Визначення кислотності тіста.....	
2.2.2. Визначення вологості тіста після замішування та бродіння.....	
2.2.3. Визначення якості сировини та напівфабрикатів.....	
2.2.4. Визначення якості готових виробів.....	
2.2.5. Методи встановлення енергетичних характеристик замісу тіста	
2.3. Методика статистичної обробки результатів дослідження.....	
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
ТІСТОПРИГОТУВАННЯ	
3.1. Основні підходи до аналізу тристадійної моделі замісу тіста	
3.1.1. Механічне перемішування компонентів — перша стадія процесу замісу тіста.....	
3.1.2. Особливості протікання другої стадії замісу тіста.....	
3.1.3. Пластифікація тіста — третя стадія замісу тіста.....	
3.2. Ключові підступи до розроблення енергетичних перетворень тістоприготування.....	
3.3. Теоретичні передумови перемішування тіста.....	
3.4. Проектування місильного органа пропонованої конструкції.....	
3.5. Система тістоприготування.....	
3.6. Статистична обробка результатів експериментального дослідження тістоприготування.....	
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
ТІСТОПРИГОТУВАННЯ	
4.1. Дослідження енергетичного балансу замісу тіста.....	
4.1.1. Вплив технологічних даних на температурний режим тістоприготування.	
4.1.2. Вплив технічних даних на затрати потужності привода тістомісильної машини.	
4.2. Дослідження системи тістоприготування.....	
4.2.1. Зміни титрованої кислотності тіста залежно від тривалості	

бродіння тіста.....	
4.2.2. Перетворення пружних властивостей тіста від тривалості бродіння тіста.....	
4.2.3. Залежність виділення вуглекислого газу від тривалості бродіння тіста.....	
4.2.4. Зміни об'єму тіста від тривалості бродіння тіста.	
РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНЕ ЗДІЙСНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
5.1. Особливості конструкції і роботи місильного органа нової конструкції.....	
5.2. Визначення ефективності застосування запропонованого місильного органа нової конструкції.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТОК А. Анкета апріорного ранжирування й опитування працівників невеликих хлібозаводів, міні-пекарень і хлібопекарських комплексів.....	
ДОДАТОК В. Дані технічного розрахунку.....	
ДОДАТОК Е. Таблиці розрахунків.....	
ДОДАТОК Ж. Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження на хлібопекарських підприємствах місильного органа нової конструкції.....	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Q	—	продуктивність тістомісильних машин періодичної дії, кг/год;
D₁	—	довжина тістомісильних машин періодичної дії, мм;
D₂	—	ширина тістомісильних машин періодичної дії, мм;
D₃	—	висота тістомісильних машин періодичної дії, мм;
V	—	об'єм розчину гідроокису натрію концентрацією 0,1 моль/дм ³ (з урахуванням поправочного коефіцієнта до титру гідроокису натрію), використаний на титрування, см ³ ;
m₁	—	маса навішування продукту, г;
m₂	—	маса навішування після висушування, г;
m₃	—	маса навішування муки до висушування, г;
m_к	—	маса сирого клейковини, г;
m_н	—	маса навішування муки, г;
K_с	—	кількість сухих речовин, %;
W_м	—	вогкість муки, %;
V_х	—	загальний об'єм виїмок хліба, см ³ ;
m_в	—	маса виїмок, г;
ρ_м	—	щільність безпористої маси м'якуша, г/см ³ ;
ΔU	—	зміна внутрішньої енергії системи, Дж;
Q_т	—	кількість теплоти, наданій системі, Дж;
A₅	—	робота, проведена над системою, Дж.;
A	—	робота за один оберт місильного органа, Дж/об;
A₁	—	робота на надання кінетичної енергії частинкам суміші під час змішування маси компонентів, Дж/об;
A₂	—	робота, затрачувана на переміщення місильних органів машини, Дж/об;
A₃	—	робота, затрачувана на нагрівання структурних компонентів тіста й взаємодіючих з ними частин тістомісильної машини Дж/об;
A₄	—	робота, що впливає на переміщення інгредієнтів і суміші, сприяє зміні молекулярно-енергетичних характеристик тіста, Дж/об;
A_{гід}	—	енергія, затрачувана на гідратацію компонентів Дж/об;
A_{пит}	—	величина роботи питомих витрат, Дж/г;
n	—	частота обертів місильної лопаті тістомісильної машини, хв ⁻¹ ;
τ	—	тривалість перемішування замісу, с;
m	—	маса компонентів, що перебувають у робочій камері тістомісильної машини, кг;
N	—	сумарні витрати потужності приводу тістомісильної машини періодичної дії, кВт;

η_1	—	сумарні коефіцієнти корисної дії приводів тістомісильної машини, од;
η_2	—	кількість місильних лопатей, шт.;
a	—	ширина лопаті, м;
b	—	число π , 3,14;
ρ_T	—	усереднена щільність суміші, кг/м ³ ;
α	—	кут нахилу лопаті до вісі обертання, °;
k	—	коефіцієнт подачі маси, що указує на частину тіста, захоплену місильною лопаттю рухом в осьовому напрямку, од;
S	—	крок твірної нахилу місильної лопаті, м;
δ	—	товщина лопаті, м;
ρ_L	—	щільність металу місильної лопаті, кг/м ³ ;
r_1	—	відстань від вісі до кінця місильної лопаті, м;
r_2	—	відстань від вісі до початку місильної лопаті, м;
t_1	—	температура тіста на початку перемішування, °С;
t_2	—	температура тіста наприкінці перемішування, °С;
m_T	—	маса частин тістомісильної машини, що нагріваються при замісі тіста, кг;
c_T	—	усереднена теплоємність перемішуваної маси, кДж/кг;
m_m	—	маса тіста, яка знаходиться у робочій камері тістомісильної машини періодичної дії, кг;
c_m	—	усереднена теплоємність металу, кДж/кг;
μ	—	середня в'язкість суміші, Па·с;
l	—	відстань від місильної лопаті до дна ємності, м;
f	—	зазор від торця місильної лопаті до корпусу місильної ємності, м;
$A_{гид}$	—	енергія, затрачувана на гідратацію компонентів, Дж/об;
C_T	—	питома теплоємність тіста, кДж/(С кг);
$\Delta t_{гидр}$	—	приріст температури за рахунок гідратації, С;
M	—	кількість борошна в тісті, кг;
B	—	кількість води за рецептурою тіста, кг;
T	—	кількість тіста, що піддається обробці, кг;
C_m	—	питома теплоємність борошна, кДж/(С·кг);
W	—	вологість тіста, %;
F_1	—	числове значення перебігу процесів кислотонакопичення у тісті в період бродіння;
F_2	—	числове значення перебігу процесів зміни об'єму тіста в діжі в період бродіння;
F_3	—	числове значення перебігу процесів зміни структурно-механічних параметрів у тісті в період бродіння;
F_4	—	числове значення перебігу процесів зміни об'єму вуглекислого газу в тісті в період бродіння;
K_0	—	початкова кислотність тіста перед бродінням, °Н;
v_k	—	швидкість кислотності, °Н/год;

$\tau_{бр\ t}$	—	тривалість бродіння тіста, год;
$\tau_{бр\ o}$	—	тривалість бродіння опари, год;
V_0	—	об'єм тіста на початок бродіння, м ³ ;
S_1	—	площа контакту місильного органа, м ² ;
P_1	—	нормальний тиск, кПа;
V_1	—	об'єм газу CO ₂ в тісті на момент замісу тіста, м ³ ;
T_1	—	температура нормальна, °C;
P_2	—	барометричний тиск у приміщенні, кПа;
V_2	—	об'єм газу, що виділився на даний момент замісу тіста, м ³ ;
T_2	—	температура, при якій вимірюється об'єм газу, °C;
P_{a1}	—	сила відриву, Н;
P_{a2}	—	сила адгезії, Н;
P_{a3}	—	сила деформації, Н;
P_{a4}	—	сила тиску контакту, Н;
P_{a5}	—	сила стиснення, Н;
P_{a6}	—	центрована сила, Н;
P_{a7}	—	сила, що рухає частинку угору по місильному органу, Н;
P_{a8}	—	сила, що рухає частинку уздовж місильного органа, Н;
P_{a9}	—	сила, що рухає частинку навкруг місильного органа, Н;
P_{a10}	—	сила інерції, Н;
P_{a11}	—	сила тяжкості, Н;
P_0	—	вісьова складова рівнодіючих сил опору, Н;
v_0	—	вісьова швидкість руху точки P_0 , що діє на лопать, м/с;
P_p	—	радіальна складова рівнодіючих сил опору, Н;
v_p	—	радіальна швидкість руху точки контакту P_p , що діє на лопать, м/с;
F	—	площа лопаті, зануреної у тісто, м ² ;
R	—	радіус лопаті, м;
C	—	питоме зчеплення тіста з матеріалом лопаті, н/м ² ;
γ	—	кут внутрішнього тертя тіста, °;
μ	—	коефіцієнт тертя тіста об лопать, од;
ω	—	кутова швидкість лопаті, рад/с;
K_1	—	кількість лопатей, шт;
z	—	кількість лопатей у тістомісильній машині, шт;
$A_{еф}$	—	коефіцієнт ефективності використання енергії, од.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Абсорбція	— процес поглинання речовин усією масою продукту.
Агрегат технологічний	— сукупність обладнання для зв'язного здійснення прилеглих технологічних операцій.
Агропромисловий комплекс (АПК)	— сукупність вітчизняних харчових виробництв, що входять до єдиного порядку з найбільш розвинених і вагомих комплексів системи народного господарства України.
Адгезія (p_a) матеріалу	— злипання неоднорідних твердих або рідких тіл, що зіштовхуються своїми поверхнями. Ця властивість розповсюджена в природі й використовується у техніці. Розрізняють два види адгезії: специфічна (власно адгезія). Є наслідком сил зчеплення між поверхнями матеріалу; механічна адгезія. Утворюється при проникненні адгезива в пори матеріалу, що склеюється, і утриманні його внаслідок механічного заклинювання. Офіційно адгезію (липкість) характеризують за рівнянням як питому силу нормального відриву пластини від продукту.
Адсорбція	— процес вбирання речовин поверхнею продукту.
Аерозолі і порошки	— це дисперсні системи, дисперсійним середовищем яких є газ (повітря), а дисперсною фазою є тверді частки або крапельки рідини. Аерозолі за агрегатним станом дисперсної фази поділяють: • Типові аерозолі. Відносяться: водяний туман, топковий дим, борошняний і цукровий пил. Мають значне прикладне значення у ряді галузей харчової промисловості. • Штучно одержані аерозолі. Так, для висушування соки, пюре, молоко розпорошують до дрібних крапельок у сухому гарячому повітрі. При цьому випаровування вологи йде достатньо інтенсивно і сушіння закінчується за 15—20 с.
Азотисті речовини	— сполуки, до складу молекули котрих входить азот. Найбільш вагому сутність у харчуванні людини мають білки, у складі котрих у харчових продуктах переважають азотисті речовини.
Аналітичні методи	— дослідження процесу та опрацювання його

математичного моделювання процесів	описання диференціальними рівняннями або системою подібних рівнянь, отримання характеристик процесу. За сприянням ЕОМ системи диференціальних рівнянь можуть бути обчислені.
Аналіз розмірностей	— шляхи розгляду рішень: 1. обрахунків визначених процесів; 2. сучасних або трохи вивчених процесів. Критеріальне рівняння для визначеного нерозв'язного процесу може бути укладено на основі теорії подібності з системи диференціальних рівнянь, які не мають аналітичного вирішення, або на основі інших теорем методом аналізу розмірностей.
Антитиксотропний матеріал	— іменують матеріали, стан течії яких у часі є супротивним тому, яке зумовлюють тиксотропні системи.
Апарат	— обладнання, у якому проходять процеси, які викликають зміни властивостей оброблювальної сировини.
Баластні речовини	— такі речовини, що не втручаються в обмінні процеси організму людини, але які ліквідовують із нього різноманітні забруднювачі. Ці речовини представлені не засвоюваними і більш-менш засвоюваними речовинами.
Безпека харчових продуктів	— відсутність небезпеки нездорового впливу харчових продуктів на організм людини.
Безпечність продовольчої сировини	— визначає якість, безпечність і собівартість виготовленої продукції. Визначальними критеріями якості і безпеки харчової сировини є: 1. вміст доброчинних компонентів, 2. наявність побічних, у тому числі і нездорових, домішок, 3. наявність дефектів, пошкоджень, хвороб, що призводять до зниження якості продукції, 4. зростання відходів і збитків сировини. Впливовий фактор на ефективність споживання, та доброякісність та безпечність харчової сировини.
Безперервний процес	— процес, у якому сировина подається в обладнання, а продукція виводиться з нього безперервним потоком.
Біологічна цінність	— збалансований вміст у продукті незамінних (есенціальних) амінокислот, поліненасичених жирних кислот, ліпоїдів, поліфенольних сполук, вітамінів, мінеральних елементів. Біологічна

	значущість продуктів знижується у процесі їх зберігання.
Білки	— високомолекулярні сполуки, до складу яких входять амінокислоти. Вони становлять приблизно 20% маси тіла людини і більше 50% мірної маси клітини. Білки є визначальною тканиною, з котрої зводяться клітини, тканини та органи тіла людини. Усі білки розподіляються за фізико-хімічними властивостями та їх хімічним складом; поділяються білки на дві групи — прості (протеїни) та складні (протеїди).
Біотехнології	— харчові технології, в основу яких покладені ферментативні трансформації сировини.
Біохімічний процес	— процес, котрий відбувається за участю ферментів сировини або ферментних препаратів, що додають до сировини в ході технологічного процесу. Ці процеси самовільно відбуваються під час зберігання сировини і виготовленої продукції.
Важкозасвоювані речовини	— речовини, що використовуються організмом людини тільки частково через неповну засвоюваність. Подібні речовини символічно відносяться до живильних. Вони представлені білками сполучної тканини м'яса — еластином і колагеном, жирами з високою температурою плавлення, фітином і т.п.
Взаємодії складних операцій	— це взаємний вплив, котрий відбувається при більш складних операціях, їх може бути набагато більше. У залежності від природи явищ, які відбуваються при взаємодії, розрізняють: - фізичні системи взаємодіючих тіл, коли здійснюються суто фізичні зміни; - хімічні системи, коли взаємодії з'ясовуються хімічними законами; - фізико-хімічні системи; - біологічні (в тому числі мікробіологічні) системи; - біохімічні системи.
Вид діяльності	— об'єднання устаткування, робочої сили, технологічних засобів, сировини та матеріалів для створення виробництва харчової продукції, характеризується виробничим процесом.
Виробнича система	— сукупність зв'язаних між собою частин, об'єднаних виробничою функцією.
Виробнича функція	— прояв властивостей при взаємодії з іншими

Високомолекулярні сполуки	—	процесами, призначенням є трансформація потоків. речовини, що мають молекулярну масу від 10000 до декількох мільйонів. Величини макромолекул даних складних речовин у вилученому стані можуть досягати 1000 нм і більше, тобто вони зіставлені з розмірами часток ультрамікрогетерогенних (колоїдних) дисперсних систем.
Вихід продукту	—	взаємозв'язок кількості практично отриманого продукту до його вмісту у вхідній сировині. Визначається у відносних одиницях (відсотках або частках).
Відходи продукту	—	скорочення маси сировини за рахунок видалення з неї під час переробки малоцінних елементів.
Відносна щільність	—	відношення щільності досліджуваного продукту до щільності води при температурі 4°C і звичайному атмосферному тиску або взаємозв'язки маси продукту до маси води, взятих у рівних об'ємах, при одній і тій же температурі. Характеризує якість харчових продуктів. За її величиною можна судити про: • кількість спирту в горілці, • сахарози в розчині цукру, • солі в розсолі; • можна встановити склад продукту, • його будову, уникаючи при цьому складних аналізів; • скільки наявно утримується в картоплі крохмалу; • яблука з більш високою щільністю містять у тканинах менше повітря; • чим вища щільність зрілих томатів, тим більше вихід томатного пюре.
Відносна вологість повітря	—	це взаємозв'язки абсолютної кількості вологи в повітрі до тієї кількості, яка необхідна для його насичення при даній температурі.
Відповідність сировини меті виробництва	—	має значення її придатність для продуктивної переробки в чіткі види продукції певної функції та ступеня якості.
Вільнодисперсні системи	—	називають колоїдні системи, частки яких віднесені одна від одної на дуже значну відстань і реально не взаємодіють між собою. Вагомою властивістю даних дисперсних систем і розчинів високополімерів є здібність їх до

	структурування. Такі колоїдні системи за власними відзнаками аналогічні нормальній рідині. Їхня в'язкість дуже мізерно відрізняється від в'язкості дисперсійного середовища.
Втрати продукту	— природне скорочення маси сировини за рахунок різних причин.
Вуглеводи	— визначальні компоненти продуктів рослинного походження. У раціоні харчування займають кардинальне місце, є центральними постачальниками енергії. При підвищених енергетичних затратах, складних тілесних або психологічних навантаженнях попит у вуглеводах підвищується. Проте організм людини не може запасати вуглеводи у величезних кількостях. Обмежена кількість глікогену тримається у м'язах, а глюкози — у крові. До складу харчових продуктів входять групи вуглеводів: 1. моносахариди; 2. олігосахариди; 3. полісахариди.
В'язкість матеріалу	— особливість рідини утворювати опір руху однієї її частинки порівняно з наступною під впливом дії зовнішньої сили. Вона здійснюється в істинно-в'язких (ньютонівських) рідинах при будь-яких як завгодно малих напругах зрушення і описується рівнянням Ньютона.
Галузь (в економіці)	— сукупність усіх виробництв, які беруть участь в однакових або схожих видах виробничої діяльності.
Галузь знань	— група напрямків підготовки, споріднених за властивістю єдності структур роботи.
Гелі	— колоїдні системи, які засновують набряклі білки та мають драгледоподібну консистенцію. Характерною ілюстрацією є пшеничне тісто. За завершенням реального часу гелі втрачають здібність удержувати воду.
Гетерогенний процес	— такий процес, у якому становище складових частин різне, між компонентами є грані розподілу фаз. Комбінації фаз у цих процесах: газ і тверде тіло, газ і рідина; тверде тіло і рідина, тобто, присутність усіх трьох фаз.
Гігроскопічність матеріалу	— залежить від його структури і складу, а також від температури і вологості навколишнього середовища. Значно підвищує гігроскопічність матеріалу вміст у ньому речовин, здатних активно поглинати пари води з навколишньої атмосфери.

	• Порошкоподібні харчові продукти (сухе молоко, кава), чай, сушені фрукти і овочі різняться високою гігроскопічністю. • Фруктоза обумовлює гігроскопічність меду; солі кальцію і магнію, які присутні в якості домішок у кухонній солі, обумовлюють її гігроскопічність.
Гідрофобність матеріалу	— здатність матеріалу до непоглинання вологи.
Гідроліз білків	— процес розпаду молекул білка за участю води до поліпептидів; пептидів і вільних амінокислот. Процес має місце при засвоєнні білків. Відбувається за участю ферментів або кислот при нагріванні.
Гідромеханічний процес	— механічний процес, який відбувається у середовищі води або іншої рідини.
Глюкоза (виноградний цукор)	— наявна в харчових продуктах: • рослинного походження (зернових, плодовоовочевих); • м'язовій тканині м'яса; • натуральному меді (близько 30%); • винограді. Входить до складу інвертного цукру, сахарози, крохмалю, клітковини і т.п. Засвоюваність глюкози вище багатьох видів цукру.
Головне завдання харчової технології	— найбільше виготовлення продукції заданої ролі і якості при найменших затратах. При організації харчових виробництв треба виконувати ще низку неодмінних вимог: 1. безпечність продукції для покупця, 2. безпечність виготовлення для довілля та працюючих у ньому, 3. громадська доцільність та прибуткова ефективність, одержання для виробника найбільшого доходу.
Гомогенний процес	— процес, коли взаємодіючі в робочій зоні складові частини перебувають у рівному агрегатному становищі.
Графічний метод аналізу	— його значення зводиться до того, що за дослідницькими показниками зводиться графік у координатах. На даному графіку тангенс кута нахилу дотичної до вісі абсцис має чисельно рівнятися темпу реакції у ту мить часу, котрий

Денатурація (коагуляція) білків

- сходиться у точці дотику. Первинна швидкість чисельно рівняється тангенсу кута нахилу дотичної до вісі абсцис. Середню швидкість реакції за певний інтервал характеризують за формулою.
- процес згортання і випадіння білків у осад під впливом різноманітних факторів. При цьому утрачається їх здібність до розчинення у неоднакових розчинниках, але покращується їх засвоюваність.

Виявляється:

1. тепловою обробкою (наприклад, при варінні круп, м'яса, риби, яєць);
2. органічними кислотами (при скисанні молока, квашенні і маринуванні овочів);
3. кухонною сіллю (при солінні);
4. зниженими температурами (при заморожуванні м'яса, риби, плодів і овочів і т.п.);
5. підвищеними концентраціями цукру (при консервуванні цукром);
6. солями важких металів, зневодненням (при сушінні);
7. настає при незначних температурах теплової обробки і дуже форсується — при піднятті температури до 60-65°C;
8. зростанням температури нагрівання до 100° і вище спричиняє до більш імовірних змін білків, що супроводжується утворенням з'єднань, непорушних до ферментативного гідролізу, а через це — до зниження засвоюваності білків.

Може бути:

- зворотньою;
- незворотньою.

При **зворотній** денатурації відновлюється здатність білків до набрякання. Вона відбувається при впливі солей, кислот, цукру, частково при сушінні. Немало в чому це залежить від концентрації речовин, що завдають денатурацію, тривалості їх дії.

Незворотна денатурація відбувається при нагріванні до температури вище 50—60°C.

Десорбція

- процес, протилежний сорбції, характеризує перехід речовин із поверхневого шару в навколишнє середовище.

Дослідницький рівень пізнання

- 1. вміння проводити дослідження з метою перевірки їх відповідності заданим ознакам;

2. вміння обирати систему, що допускає найбільш ефективно вирішувати завдання функціонування;
 3. знання методик пізнання;
- дослідження систем та методів оцінювання ефективності їх вживання під час вирішення визначених завдань.
- Дисперсійне середовище (ВМС)** — дисперсні системи гетерогенні, складаються з двох фаз. Одна з них — суцільна, називається **дисперсійним середовищем (ВМС)**. Відіграють важливу роль у харчовій технології, належать дисперсним і колоїдним системам і їхнім властивостям.
- Дисперсна фаза** — дисперсні системи гетерогенні, складаються з двох фаз:
- суцільна, називається **дисперсійним середовищем (ВМС)**,
 - інша роздроблена і розподілена в першій, іменується **дисперсною фазою**.
- Дисперсні системи (системи з рідким дисперсійним середовищем)** — системи, властивості котрих залежать від:
1. об'ємного співвідношення дисперсної фази і дисперсійного середовища (звичайно води);
 2. характеру і міцності зв'язку між ними;
 3. характеру і міцності зв'язку часток фази між собою.
- Можуть знаходитися:
1. вільний стан — **золь**;
 2. не зв'язані або слабо зв'язані одні з одними, коли наявні окремі елементи (молоко);
- зв'язаний стан — **гель** (кисляк, кефір), коли частки зв'язані одні з одними молекулярними силами й утворюють структуру, тобто просторовий каркас.
- Ділатантна течія речовини** — речовини, у яких зі зростанням швидкості зрушення підвищується в'язкість. Вони описуються рівнянням Банклі-Гершеля:
- $$(\eta) \text{ при } n > 1.$$
- При великих напругах в'язкість, безперечно, стає нескінченно значною, що спонукує до знищення речовини. Свідченням подібних речовин служать: згущене молоко, деякі розчини цукру, крохмалю і т.п.
- Ендотермічний процес** — процес, який відрізняється негативним тепловим ефектом (теплота поглинається). Для його проведення треба піддавати теплоту в робочу зону машини.

Енергозабезпечення	— забезпечення обладнання енергією.
Енергозбереження	— вдосконалення процесу з метою зменшення кількості використовуваної енергії обладнанням.
Економічна діяльність	— процес поєднання діянь, котрий спонукає до отримання продукції певного рівня.
Елементи харчового продукту	— порівняно незалежні, ізольовані члени системи, які завдяки їх взаємодії формують систему функціонального призначення. Взаємодія частин реалізується за сприянням зв'язків.
Експлуатаційний рівень пізнання	— уміння під час виконання завдань діяльності: 1. тестувати методами аналізу та синтезу; 2. розбирати роботу системи з ціллю вияву та усунення ушкоджень; 3. знання методів аналізу функціонування системи.
Екзотермічний процес	— процес виділення теплоти (тепловий ефект позитивний) внаслідок ходу процесів у робочій зоні, тобто виділення теплоти в навколишнє середовище.
Енергетична цінність продукту	— формулює ту частину енергії, яка може вивільнятися з харчових продуктів у процесі біологічного окислення і споживання для забезпечення фізіологічних функцій організму. Енергетична вартість продукту окреслюється кількістю жирів, вуглеводів, білків, що вміщуються у ньому, і їх засвоюваністю.
Завдання технології (науки)	— виявлення закономірностей з метою формулювання у дійсності найбільш дійових і корисних виробничих процесів.
Засвоюваність харчових речовин	— ступінь їх уживання організмом. Розкривається у відсотках або коефіцієнтом засвоюваності. Залежить від значної кількості факторів, у тому числі й від їх органолептичних показників: • смаку; • запаху; • консистенції; • зовнішнього вигляду.
Загальний кінетичний закон	— швидкість процесу прямо пропорційна потенціалу і зворотно пропорційна опору системи.
Закон Фур'є	— кількість тепла, яке переноситься у певному середовищі, прямо пропорційна добутку градієнту температури на тривалість процесу.
Закон діючих мас	— швидкість реакції у певний момент часу прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин у цей момент:

1. якщо швидкість характеризувати за витратами вихідних речовин, вона буде негативною, тому що концентрації меншають, а у випадковості продуктів реакція — ствердною;
 2. механізм хімічних реакцій, а адекватно й швидкість процесу залежить від багатьох факторів;
 3. для відмінних типів реакцій бувають розрахункові формули для розрахунку їхніх констант швидкості.
- Закон збереження маси** — основа продуктових розрахунків (рівняння матеріального балансу): маса сировини, яка поступає на переробку, рівняється масі вихідних продуктів, відходів і збитків у підприємстві.
- Закон збереження енергії** — сума всіх видів енергії у замкнутій системі є постійною. Визначальним засобом погляду раціональності споживання енергоресурсів є складання енергетичного балансу.
- Закон збереження енергії** — сума всіх типів енергії у замкненій системі є непорушною. Визначальним засобом судження доцільного використання енергоресурсів є складання енергетичного балансу.
- Засвоювані речовини** — речовини, що надходять в обмін речовин організму людини. До них відносяться:
- цукри,
 - крохмаль,
 - багато білків,
 - жири,
 - вітаміни й ін.
- Хімічні ознаки обумовлені базою і ознаками речовин, що входять у її структуру. Кількість визначених складових сягає кількох десятків тисяч найменувань.
- Захисні реакції організму** — реакції організму, пов'язані з білками: зокрема, антитіла, які засновуються під час надходження в організм незнайомих речовин, є білками. Білки утворюють із токсинами малоактивні комплекси, які зникають з організму.
- Зворотний процес** — процес, спрямований на зміну рівноважного стану.
- Зворотний (рециклічний) зв'язок** — зв'язок такий, при котрому технологічний потік розростається на два-три і елемент з них обертається на підготовчу або кілька підготовчих операцій. У залежності від кількості підготовчих операцій розрізняють послідовно-зворотний і

Зв'язнодисперсні системи	паралельно-зворотний види зв'язку. називають дисперсні системи, в яких частки зв'язані між собою і не підходять до обопільності переміщення. У подібних системах частки дисперсної фази утворюють просторову сітку, або структуру.
Зсувні властивості продукту	— діяння об'єму продукту при впливі на нього зсувних, дотичних напружень. Зсувні реологічні властивості: • максимальна напруга зсуву; • в'язкість ефективна і пластична; • період релаксації. Найбільш ґрунтовно відображують внутрішній зміст об'єкта, тому їх прийнято вважати основними.
Ідеально в'язка рідина	— відзначається тим, що в ній напруги співвідносні швидкості деформації. В'язка течія виникає під дією будь-яких сил, які б малі вони не були, проте швидкість деформації при скороченні сил знижується, а при їх зникненні повертається у нуль.
Ідеально пластична течія	— течія проходить після досягання найвищої напруги, коли виявляється пропорційність між швидкістю і напругою зрушення. Свідченням систем, що дуже наближені до рівняння Бінгама, можуть служити: • маргарин; • шоколадні суміші; • сирково-творожні маси; • цукеркові маси.
Ідеально пластичне тіло	— може бути представлене у вигляді елемента, що розтягається на площині з звичайним за розміром тертям, що не залежить від ординарної сили. Тіло за Сен-Венаном не почне переміщатися доти, доки напруга зрушення не перевершить якогось вагомого значення — граничної напруги, потім елемент буде переміщатися з будь-якою швидкістю.
Ідеально пружне тіло	— є системою, в якій енергія, витрачена на деформацію, концентрується в тілі й може бути повернена при розвантаженні.
Інтенсивність процесу	— кількість продукту, виробленого за одиницю часу, віднесена до робочої довжини, площі або обсягу робочого органу машини.
Інтенсифікація технологічного процесу	— розглядається зростання швидкості його перебігу, підсумком чого є збільшення продуктивності за одиницю часу. Цього можна досягнути: • зростанням потенціалу процесу;

	• збільшенням кінетичного коефіцієнту; • або рівночасним збільшенням обох факторів. У діяльності харчових виробництв використовуються ізольовані або усі ці способи інтенсифікації у залежності від властивостей визначеного процесу.
Істинно пластичні тіла	— характеризуються наявністю істинної межі текучості, що співпадає з межею пружності, тобто з максимальною напругою зрушення, нижче якої експериментально ніякої течії не виявляється: • Найбільш важливим реологічним показником властивостей матеріалу є залежність швидкості деформації від напруги. • Для більшості харчових мас залежність має заплутаний характер. • Реологічні властивості відзначаються кривою залежності швидкості деформації від напруги, названої кривою течії, або реограмою.
Капілярна конденсація	— процес утворення рідинної фази в мікро- і макрокапілярах твердих продуктів.
Кваліфікація	— здатність виконання завдання та обов'язків відповідної роботи, вимагає певного освітньо-кваліфікаційного рівня.
Кваліметрія	— галузь науки, яка пов'язана з розробленням та вживанням методів числового розуміння якості.
Кінетика	— галузь науки, яка пізнає механізм та швидкість ходу певних процесів.
Коефіцієнт швидкості процесу, (кінетичний коефіцієнт)	— розуміється швидкість процесу, потенціал котрого дорівнює одиниці.
Коефіцієнт теплопровідності (X) матеріалу	— це кількість теплової енергії, що проходить через масу продукту товщиною в 1 м на площі 1 м² за 1 годину при різниці температур у протилежних частинах у 1°C. • Теплопровідність залежить від температури і вмісту води в продукті. • При підвищенні температури цей показник зростає. • Теплопровідність багатьох харчових продуктів з високим вмістом води (м'яса, риби, плодів, соків й ін.) близька до теплопровідності води. Меншу теплопровідність мають рослинні олії, сипучі продукти.

	Перенесення тепла в сирих матеріалах дуже різниться від перенесення тепла в сухих матеріалах: 1. волога впливає на теплопровідність пароутворюючого твердого каркаса тіла, у порах якого вона перебуває; 2. перенесення тепла тісно пов'язане з невимушеним перенесенням вологи усередині матеріалу.
Класифікація технологічних процесів	— 1. за природою явищ, які відбуваються у сировині при її переробці; 2. за способом організації технологічного процесу; 3. за агрегатним станом компонентів у робочій зоні; 4. за тепловим ефектом процесу; 5. за напрямками руху матеріальних та енергетичних потоків у виробничій зоні; 6. за кратністю оброблення сировини або проміжного продукту; 7. за характером технологічних зв'язків процесу.
Колоїдні системи	— це системи з частками: • грубодисперсні системи; • мікрогетерогенні системи; • гетерогенні системи.
Комбінований процес	— процес комбінації періодичних і безперервних процесів, який допускає оберігатися їх дефектів та застосовувати їх плюси.
Компетентність	— потрібний об'єм і ступінь знань та навиків у даному виді роботи.
Компресійні властивості	— формулюють поведження об'єму продукту при впливі на нього нормальних напруг у замкненій формі між пластинами або при будь-якому іншому одновісьовому розтягненні-стиску зразка продукту: 1. До головних компресійних властивостей належать: модуль пружності, рівноважний модуль, період релаксації деформації при постійній напрузі, відносній деформації. 2. Ці параметри потрібні для розрахунку процесів шприцювання, формування, дозування і течії по трубопроводах пластично-в'язких продуктів. Ці ознаки також можна застосовувати для оцінки якості пластично-в'язких (фаршу) і пружноеластичних (ковбасних виробів) продуктів.
Константа рівноваги	— чисельне мірило ступеня рівноважного стану процесу, яке рівняється взаємозв'язку констант

Критеріальні рівняння	темтів прямої і зворотної реакції у мить рівноваги. — для обчислення вимірів багатьох технологічних процесів харчових виробництв застосовують критеріальні рівняння, у яких значну кількість змінних диференціального рівняння замінюють обмеженою кількістю безрозмірних комплексів змінних (критеріїв). Такі рівняння є значно простішими для обчислення і тому широко використовуються.
Крохмаль	— найбільш вагомий вуглевод для людини. У денному раціоні він займає 80-85% від валової кількості вуглеводів. Джерелом крохмалю є: • зернові; • бобові; • картопля; • у якості добавки (варені ковбаси, паштети, консерви окремих видів). Має атрибути: • здібність до гідролізу; • висока гігроскопічність; • забарвлення йодом у синій колір; • нерозчинність у холодній воді; • утворення колоїдного розчину в гарячій воді.
Ксенобіотики	— небезпечні, чужорідні для організму речовини, які надають йому тільки шкоду. До подібних речовин відносяться: • хлорорганічні з'єднання; • ртутьорганічні з'єднання; • мікробіологічні токсини (мікотоксини, афлотоксини і т.п.); • радіонукліди й ін.
Лактоза (молочний цукор)	— утворюється з зайвих молекул глюкози і галактози. Поглинається організмом людини і зброджується мікроорганізмами щойно внаслідок гідролізу. Має найнижчий ступінь солодкості. По концентрації цукру поділяються: • багатьох видів молочних продуктів, за винятком морозива; • відокремлених видів кисломолочних продуктів (йогуртів, сирків і т.п.) • згущених молочних консервів, у які докладається цукор. При виробництві кисломолочних продуктів і сирів частково або повністю зброджується.

- Липкість продукту** — здатність продукту проявляти більш або менш значні сили взаємодії з іншим продуктом або з поверхнею тари, в якій знаходиться продукт. Властивості:
1. характеризують з метою управління цією властивістю у процесі виробництва і зберігання товарів;
 2. можливість порушувати роботу машин, апаратів у зв'язку з дозвільним прилипанням продуктів до робочих органів і поверхонь машин;
 3. може впливати на технологічні процеси перемішування, штампування, формування виробів;
 4. обумовлюється зв'язками молекулярного характеру, що виникають між продуктом і твердою поверхнею;
 5. кількість зв'язків залежить від площини дійсного молекулярного контакту, що, в свою чергу, визначається в'язкістю (пластичністю) продукту, товщиною його шару, тривалістю контактування, тиском притиснення, ступенем жорсткості твердої поверхні й ін.
 6. у деякій мірі володіють: варена ковбаса, борошняне тісто, овочеві і м'ясні котлетні маси, сир, вершкове масло й ін.
 7. при розрізанні вони прилипають до леза ножа, кришаться або ламаються, при розжовуванні липнуть до зубів і піднебіння.
- Масообмінний процес** — процес, у ході якого здійснюється перенесення маси (речовин) з однієї фази в протилежну. Переноси (переходи) маси частіше всього трапляються між газом і рідиною, між газовою та твердою фазами, між рідиною і твердою фазою, між двома рідинами. До нього співвідносяться процеси: розчинення, кристалізація, випаровування, висушування, конденсація, адсорбція, дистиляція, ректифікація, мембранізація та інші.
- Матеріальний баланс** — рівність мас сировини, які поступають на переробку, з масою завершального продукту, із збірними відходами та втратами на підприємстві.
- Матеріали технологічні** — сировина, за сприянням якої реалізується технологічний процес виробництва, зберігання та транспортування виробленої продукції.

Математичні (аналітичні) методи пізнання	— При значній кількості видозмін і перспективи представлення їх у формалізованому образі (математичних рівнянь) користуються: 1. математичні (аналітичні) методи; 2. методи лінійного та нелінійного програмування; 3. методи функціонально-вартісного аналізу; 4. методи теорії масового обслуговування та інші. 5. методи факторного, кластерного або логічного аналізу для групування варіантів за певними критеріями. Завдяки подібному порядкові проводиться "просіювання" варіантів, скорочення їх кількості або формування певного числа недиференційованих груп варіантів. Далі для кожного з варіантів (або груп) створюють математичний опис у задумі систем рівнянь та нерівнянь за вибірним методом оптимізації і обчислюють ці системи за сприянням комп'ютерних технологій.
Машина	— обладнання, що працює у заданому режимі для перетворювання енергії та сировини.
Механічний процес	— процес, у котрому сировина трансформує форму, розмір, структуру. До них відносяться процеси подрібнення, сортування, розділення, змішування, перемішування та інші.
Методи дослідження	— перерахунок використаних методів дослідження для здобутку поставленої у роботі мети: 1. перераховування не відірвано від сутності роботи, лаконічно та змістовно охарактеризовано, що якраз досліджувалось тим чи іншим методом; 2. переконання в послідовності та прийнятності вибирання якраз оцих методів; 3. наукова новизна одержаних результатів.
Метрологія	— наука про вимірювання, засоби забезпечення їх схожості та отримання потрібної точності результатів.
Метрологічне забезпечення виробництва	— установлення та використання певних норм, а також вживання технічних засобів, потрібних для отримання схожості і необхідної точності вимірювань.
Мікробіологічний процес	— процес, який викликається дією мікроорганізмів (дріжджів, бактерій, мікрогрибів). До нього входять процеси: бродіння, дозрівання, пліснявіння та гниття.

Миттєвий стан процесу	— стан системи в певний момент часу, в певній точці середовища. Для характеристики процесу в ньому варто інтегрувати рівняння, задаючи чисельну сутність умов однозначності параметрів, які завжди перетворюються, тому що процес нестационарний, що дійсно недосяжно. Незважаючи на зрозумілий фізичний смисл і простоту рівнянь, вони не можуть бути використані для технологічних обчислень тому, що формулюють "миттєвий" стан процесу.
Модель пружно-пластичного тіла	— модель тіла отримуємо при зв'язному з'єднанні пружного і пластичного елементів.
Модель в'язко-пружного тіла за Кельвіном	— одночасне з'єднання пружного і в'язкого елементів. При розтяганні пружини дія зусилля подовжується, а поршень переміщається у рідині. Рух поршня підкоряється в'язкому опору рідини, тому абсолютне розтягання пружини настає не відразу, а коли навантаження усунуто і пружина стискається до первісної довжини.
Модель в'язко-пластичного тіла за Шведовим-Бінгамом	— визначає матеріали, що у попередньому апроксимуванні розглядалися як тіла за Сен-Венаном. Вони починають текти, коли напруга зрушення доходить найвищої точки. Якщо немає в'язкого опору, то швидкість течії матеріалу стане більшою. У другому наближенні такі матеріали повинні мати ще в'язкість. Модель тіла за Шведовим відрізняється від моделі за Бінгамом тим, що паралельно тілу за Сен-Венаном приєднане тіло за Максвеллом, а паралельно за Бінгамом — тіло за Ньютоном.
Модель пружно-в'язкого релаксуючого тіла за Максвеллом	— послідовно з'єднані гуківський і ньютонівський елементи. За Максвеллом тіло розглядається як пружне, або як в'язке в залежності від взаємозв'язків часу релаксації до тривалості експерименту. Значить, якщо під дією миттєвої дії пружина тягнеться, а потім навантаження відразу зривається, то поршень не встигає рухатися, і система тримається як пружне тіло. Проте, з іншого боку, якщо втримувати розтягання пружини завжди, вона плавно релаксує, переводячи поршень вгору, і система веде себе практично як ньютонівська рідина.
Молекулярність реакції	— механізм хімічної реакції залежить від її молекулярності та організованості. Молекулярність реакції з'ясовується кількістю молекул реагуючих речовин, які водночас беруть участь у хімічному

	взаємодіянні. Порядки реакції рівняються сумі показників ступенів при концентраціях вільних речовин у рівнянні закону діючих мас. Для формулювання констант швидкості реакцій у залежності від їх молекулярності і порядку використовуються належні обрахункові формули.	
Моніторинг	—	безперервне відстежування стану харчової технології.
Набрякання, або гідратація білків	—	здібність білків абсорбувати і отримувати упродовж певного часу зв'язану воду. При цьому в чимало разів збільшується об'єм набряклих білків (інколи в 10 разів) і консистенція продукту.
Навички	—	дії, що реалізуються за здійсненням діяльності, завдяки повторам виконуються машинально і реалізуються без умисного контролю.
Насипна (об'ємна) щільність продукту	—	маса продукту в одиниці об'єму при просторовому з пустотами вкладанні. Використовується для розрахунку швидкості повітря при насильному вентиляванні насипу овочів, зерна, а також для обчислення необхідної кількості тари, ємності овоче- і зерносховищ для закладки на зберігання конкретної маси продукції, необхідної кількості транспортних засобів.
Неорганічні речовини	—	речовини, для яких не обов'язкова присутність вуглецю і водню.
Не засвоювані речовини	—	речовини, що не перетравлюються організмом людини і зникають з нього. Проте немало не засвоюваних речовин мають змогу всмоктувати несхожі забруднювачі, що потрапляють в організм, а тому подібні речовини хоч і належать до поживних, але мають певну корисність, попереджаючи отруєння або забруднення організму злісними речовинами. До не засвоюваних речовин відносяться: • клітковина, • пектинові речовини, • геміцелюлози, • білки кісткової тканини й ін.
Об'єкт діяльності	—	процес, на який цілеспрямована робота спеціаліста.
Об'єкт і предмет дослідження	—	категорії наукового процесу пов'язуються між собою як абстрактні й ізольовані. В об'єкті виділений той його фрагмент, який є предметом дослідження. Якраз на нього цілеспрямована визначальна діяльність, оскільки предмет дослідження характеризує тему дисертаційного

	дослідження, яка визначається на титульному аркуші як назва.
Операторський рівень пізнання	— вправність улаштувати систему і управляти нею під час здійснення функціонування та знання принципів побудови і дії системи.
Органічні речовини	— речовини, неодмінними елементами котрих є вуглець і водень. Хімічні атрибути харчової сировини обумовлені базою і ознаками речовин, що входять у її структуру. Кількість визначених складових добігає кількох десятків тисяч найменувань.
Основний обмін	— частина добової витрати енергії на функціонування внутрішніх органів у становищі спокою.
Паралельні технологічні зв'язки	— зв'язок розповсюджений в харчовому виробництві. При даному типу зв'язку технологічний потік: 1. розростаються дві-три паралельні гілки; 2. гілки потоку охоплюють всі операції, не минаючи ніякої з них; 3. застосовують у разі наявності в складі процесу періодичних (дискретних) операцій; 4. у разі отримання з одного виду сировини різних продуктів; 5. виготовлення таких синхронних ділень у складі системи пов'язане зі зростанням кількості обладнання, задіяного в процесі; 6. виробництво з додатковими затратами; 7. допускає безмежно збільшити продуктивність технологічної лінії, її надійність, стабільність режиму, безперервність процесу. Зразком подібного типу зв'язків може служити діленька стерилізації з двох або трьох ліній автоклавів у консервному виробництві.
Перехресний зв'язок	— зв'язок, коли технологічний потік перетинається за напрямком руху з протилежним. Цей тип зв'язку використовують для більш оперативного вживання виробничих площ, енергоресурсів, скорочення парку технологічного обладнання. За таким типом зв'язків здійснюється висушування на паралельних сітчастих конвеєрах, які продуваються потоком теплого повітря, або процес охолодження: 1. макаронних виробів, 2. плодів; 3. овочів; 4. дрібної риби; 5. м'ясних туш;

	6. ковбасних виробів; 7. миття сировини методом душування.
Періодичний процес	— процес, при організації котрого подання сировини на переробку в обладнання виконується порціями. Так само виводиться з обладнання і виготовлена продукція. Процес обробки за цим засобом носить циклічний характер.
Період релаксації продукту	— трактується як відношення в'язкості тіла до його модуля пружності на зрушення. • Стан тіла, що піддається впливу будь-якої сили, з'ясовується співвідношенням часу дії напруги, викликаной цією силою, до періоду релаксації. • Якщо час впливу деформуючої сили значно менше періоду релаксації, то за цей час не встигає вирости залишкова деформація, і тіло поводитья, як тверде пружне. • Чим більший період релаксації тіла, тим у більшій мірі виявляються його пружні і високоеластичні властивості. • Для твердих тіл період релаксації не більш значна. Для звичайних легкотекучих рідин період релаксації дуже малий. Релаксаційні властивості виконують важливу роль при механічній обробці продуктів щодо впливу на утворення форми, розвиток потрібного об'єму і структури.
Петля якості	— концептуальна схема, яка позначає зв'язність та взаємозалежність етапів виходу продукції.
Питомий об'єм продукту	— об'єм 1 кг продукту в кубічних метрах — показник щільності, слугує для формулювання якості продуктів.
Питома теплоємність матеріалу	— іменується величина, що відзначається кількістю тепла, яке потрібно для нагрівання одиниці маси речовини на 1°C.
Правило Ареніуса - Ваїт-Гоффа	— збільшення температури в зоні реакції на 10° C збільшує темп реакції у 2-4 рази. Подібна діяльність впливу збільшення температури на швидкість процесу має комплексний характер. Впливає як на потенціал, так і на кінетичний коефіцієнт. Вираженням кінцевого результату є збільшення коефіцієнтів дифузії, тепло- та масообміну й ін.
Предмет дослідження	— розташовується у межах об'єкта.
Продуктивність	— кількість сировини, яка обробляється в обладнанні

машини	за одиницю часу.
Продуктовий розрахунок	— вкладається для операції, стадії, і для процесу в цілому. Використовується при проектуванні і при обрахунку витрат сировини, а також виходу виготовленої продукції.
Процес гелеутворення	— перехід колоїдного розчину з вільнодисперсного стану у зв'язнодисперсний.
Плинність матеріалу	— виявляється, що при будь-якій малій звичайній напрузі деформація тіла постійно підвищується з перебігом часу (при цьому критичне напруження руйнування дорівнює нулю). При підвищенні температури ослаблюється. Поворотна величина в'язкості — плинність — виявляється в одиницях $\text{Па}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$. Залежить від температури, тиску, вологості або жирності, концентрації, ступеню дисперсності і т. ін.
Поверхневі властивості продукту	— визначають позиції поверхні продукту на межі поділу з іншим, твердим матеріалом при впливі нормальних (адгезія або липкість) і дотичних (зовнішнє тертя) напруг. Поверхневі властивості (адгезія, коефіцієнт зовнішнього тертя і ін.) визначають зусилля при взаємодії між поверхнями контакту при нормальному відриві або зсуві.
Поживні речовини	— речовини, що відзначаються корисністю для організму людини завдяки застосуванню їх у процесі життєдіяльності. До них відносяться усі засвоювані і частково засвоювані речовини. Якраз поживні речовини вдовольняють визначальні фізіологічні потреби людини.
Потужність лінії	— кількість виготовленої продукції, яка виробляється на лінії за певний час. Визначається в облікових одиницях — абсолютних або умовних.
Професія	— здатність виконувати роботу, що потребує чіткої кваліфікації, зобов'язує наявність конкретної сфери знань.
Процес коалесценції	— процес самопливного руйнування піни й емульсії. Практичне застосування: • Сила поверхневого натягу постійно хоче зменшити до мінімуму фронтальну площину розподілу усієї системи, зробити її мінімальною. • При дії цієї сили деякі пухирці повітря у піні хочуть об'єднатися в одну масу. • У пінах процес коалесценції йде вкрай інтенсивно завдяки близькому розташуванню крапельок однієї щодо іншої.

Щоб виробити піну більше міцною, стабілізувати її, у якості піноутворюючого способу використовують білок курячого яйця, який заважає прориванню плівки пухирців і агрегуванню фінальних.

Процес набрякання — процес вбирання низькомолекулярного розчинника високомолекулярною речовиною, що супроводить зростання маси й заключного об'єму. Набрякання є відправним етапом розчинення високомолекулярних речовин.

Існує набрякання:

1. обмежене. При обмеженому набряканні об'єм і маса полімеру доходять конкретних значень і наступний контакт полімеру з розчинником не зумовлює жодних змін.
2. необмежене. У необмеженого набрякання не присутній поріг набрякання. З плином часу полімер вбирає все більшу кількість рідини і набрякання перетворюється у розчинення.

Процес синерезиса — процес, у результаті якого відбувається старіння білків борошна, крупи, особливо бобових, хлібобулочних виробів, що зумовлює їх черствіння.

Процес тиксотропії — процес, особливістю котрого являється формування структурованих систем нового започатковування нетекучого гелю. Тиксотропні властивості можуть мати:

- колоїдні системи,
- концентровані суспензії,
- емульсії,
- студні високомолекулярних сполук.

Піна — двофазна система газ-рідина.

Практичне застосування:

1. У цей момент дисперсною фазою є газ — повітря, а дисперсійним середовищем — напіврідкий розчин цукру, кислоти і пектину.
2. Даний розчин започатковує плівку дисперсних часток газу (повітря), яка від'єднує одну фазу від іншої.

Сила поверхневого натягу повсякчас бажає зменшити до мінімуму фронтальну поверхню поділу всієї системи, зробити її мінімальною.

Повзучість матеріалу — властивість матеріалу постійно деформуватися під дією звичайного навантаження. Ця дія відбувається при високих температурах, у матеріалах органічного походження - при нормальних температурах. У харчових матеріалах повзучість

**Послідовно-
обвідний
(байпасний) тип
зв'язків**

- виявляється дуже швидко, з чим доводиться рахуватися при їх обробці.
- тип зв'язків, при якому технологічний потік розгалужується на два або більш і фрагменти з них обминають одного чи кількох подальших операторів. Подібний тип зв'язку використовується досить докладно в харчових виробництвах при обробці сировини різними методами.

Проста реакція

- реакція типу



графічна залежність швидкості від часу відповідає даній умові, причому кут нахилу кривої залежить від умов проведення процесу:

1. якщо концентрація вихідних речовин буде відповідати стехіометричним відношенням, то в певний момент часу вона дійде рівноважного стану і вихід продукту буде частковим;
2. якщо ж один з компонентів буде в надмірній концентрації, то процес стає незворотним і вихід продукту інтенсифікується.

**Протиточний
(зустрічний) процес
Перехресний процес**

- процес, коли потоки рухаються у взаємно протилежних напрямках.
- процес, коли потоки рухаються перпендикулярно один до одного.

**Принцип
Ле-Шательє**

- у системі, яка виведена зі стану спокою ефектом зовнішнього фактора, трапляються зміни, що цілеспрямовані на полегкість впливу цього чинника.

**Принцип
оптимального
варіанта (принцип
оптимізації)**

- принцип одержав таке найменування тому, що значення його зводиться саме до відбору серед багатьох допустимих варіантів одного або кількох, які є найбільш своєчасними, найкращими для визначених обставин виробництва, технологічного процесу або деякої операції. В атрибуті критеріїв вибирання можуть існувати неоднакові показники:
 - собівартості;
 - продуктивності;
 - доступності;
 - якості;
 - безпеки;
 - технічної досконалості тощо.
 Принцип може бути застосований до вибирання того чи іншого варіанту:
 - технологічного процесу;

- технологічної лінії;
- варіантів компонування складових ліній;
- типу і продуктивності машин і апаратів у складі лінії;
- параметрів режиму;
- видів сировини і матеріалів;
- номенклатури продукції;
- варіантів рецептури й т.ін.

У кожній визначеній ситуації він вдається до відбору того різновиду процесу, лінії, машини, режиму чи будь-яких складових процесу, які б забезпечували вдале здійснення виробничої задачі при найоптимальнішому розході.

Природні речовини — речовини, що формуються внаслідок природних процесів або життєдіяльності біологічних організмів. Ця група речовин є переважною в харчових продуктах, причому кожній групі і бодай видові притаманний типовий тільки для нього набір натуральних речовин:

- До природних відноситься більшість органічних і неорганічних речовин.
- Послугують ідентифікуючими відзнаками продукту.
- Для продуктів рослинного походження дійсна перевага вуглеводів над білками, а тваринного - білків при незначному вмісті або повній відсутності вуглеводів.
- Вміст жиру є скоріше видовою, ніж груповою ознакою.

Олійні й горіхоплідні рослини, насіння яких багаті жиром, але є і нежирні риби (наприклад, родина тріскових).

Прямий процес — процес, спрямований на досягнення стану рівноваги.

Прямоточний процес — процес, коли напрями матеріального та енергетичного потоків збігаються.

Раціональне використання харчової сировини — комплексна глибока переробка:

1. повна та безвідходна обробка сировини;
2. використання всіх потенційних можливостей сировини.

Релаксація матеріалу — властивість матеріалу, що визначає швидкість (час) переходу пружних деформацій у пластичні при звичайному навантаженні. Вона є результатом універсального теплового руху молекул тіла.

	Реальною величиною релаксації відзначаються тільки продукти твердо-рідкої структури (м'язова тканина, м'ясний фарш, сир і ін.). Ця ознака продуктів має величезне значення при транспортуванні плодів, овочів, хлібних і кондитерських виробів та інших продуктів.
Рівень технологічної організації системи	— визначення кількості операцій процесу, їхньої комбінації, здатності до зміни для випуску другої продукції.
Рівень максимально допустимий (МДР)	— кількість добавки або домішки, які при буденному споживанні продукту на протязі довгого часу не завдадуть хвороб або порушень у стані здоров'я людини.
Рівень професійної діяльності	— характеристика фахової функції за властивостями опанування персоною чіткої сукупності знань.
Рівень технологічної оснащеності системи	— відзначається ступенем обладнання виробництва технічними засобами, технологією і забезпеченістю процесу.
Рівноважна вологість матеріалу	— іменується вологість продукту, що збігається зі станом рівноваги. Процес випаровування (десорбція) здійснюється при великому тиску на поверхні продукту у порівнянні з тиском пари в повітрі. Якщо тиск пари в повітрі і в навколишньому середовищі рівні, то настає стан динамічної рівноваги.
Рівень керованості технологічної системи	— ступінь здобутку найкращих режимів функціонування системи.
Рівноважні системи	— функціонування рівноважної системи зумовлюється її запасом внутрішньої енергії, яка вимірюється: • потенціалом системи; • рушійною силою системи. Умови здійснення рівноважної системи: 1. Потенціал — розуміється відстань (віддаленість) системи в певний момент часу від її рівноважного стану. 2. Рушійна сила — різниця потенціалів системи в елементарному (або переходовому) і рівноважному стані. 3. Чим далі віддалена система від стану рівноваги на початку процесу, тим більший її потенціал і рушійна сила, тим з більшою швидкістю система переміщається до рівноважного стану.

	4. Ця закономірність докладно використовується у технології. 5. Система, яка перебуває у стані рівноваги, сама, без зовнішнього втручання, не може трансформувати цей стан і буде знаходитися у ньому скільки завгодно довго. 6. Щоб вивести систему зі стану рівноваги, треба вплинути на неї зовні шляхом зміни параметрів системи (температури, тиску, концентрації тощо).
Рівень технології	— складність формування системи, яка є характеристикою якості технології. Він визначається технічним ступенем продукції, рівнем науково-дослідних, проектних та дослідно-конструкторських робіт.
Сахароза (буряковий або тростинний цукор)	— складається з надлишків молекул глюкози і фруктози. У харчових продуктах трапляється безмаль в однотонному вигляді (цукор), а також воедино із глюкозою і фруктозою в різних співвідношеннях (більшість плодів і овочів, кондитерські і зерноборошняні): • Є переважним цукром у динях, бананах, кісточкових, а також у всіх продуктах, виконаних із вживанням цукру. • Поглинається організмом людини відразу після її гідролізу до моносахаридів. • Мікроорганізми зброджують цей дисахарид після гідролізу. • Гігроскопічність її в однотонному задумі невисока, але дуже росте при наявності фруктози. • Надмірне вживання сахарози сприяє розвитку діабету, ожирінню й карієсу зубів.
Сертифікація	— процедура засвідчення відповідності продукції встановленим вимогам.
Система	— нероздільний об'єкт, що складається з низки взаємозалежних частин.
Стан системи	— сукупність особливостей системи в чіткий момент, її стан залежить від зовнішнього оточення, вхідних та вихідних показників, способу поєднання частин у структурі системи.
Синерезис	— процес скорочення геля з часом в об'ємі, котрий виходить з дисперсійного середовища. Число контактувань між частками упродовж часу

	інтенсифікується, що змушує до ущільнення структури і виділення дисперсійного середовища. У більшості моментів синерезис — небажане явище.
Системний аналіз	— спосіб розділення досліджуваного об'єкта на складові частини з ціллю дослідження функцій кожного елемента та зв'язків поміж ними.
Системний синтез	— послідовне возз'єднання елементів у відповідності з виявленими законами їх обоюдного впливу з ціллю оптимізації функціонування як єдиного об'єкта.
Системний підхід	— підхід, при котрому об'єкт, що досліджується, розглядається як система, яка складається з взаємопов'язаних елементів.
Система НАССР	— система керування безпечністю харчових продуктів шляхом енергетичного вливу і інспекції за загрозливими факторами на всіх етапах від розведення сировини до вживання кінцевого продукту.
Собівартість продукції	— узагальнені затрати на виготовлення одиниці продукції.
Сорбційні властивості матеріалу	формулюють здібність харчових продуктів вбирати з навколишнього середовища пари води і летючі речовини. Ці атрибути виконують значну роль при перевезеннях і зберіганні харчових продуктів.
Спеціальність	— категорія, що визначає атрибути напрямку і специфіку роботи у рамках професії, що відповідає кваліфікації.
Спеціалізація за спеціальністю	— категорія, що визначає зміни роботи фахівця за якостями різниці способів та обставин функції у рамках професії, типової для незначних груп фахівців у межах спеціальності.
Специфічні вимоги харчових виробництв	— 1. харчові продукти мусять бути безпечними для організму; 2. вміщувати не більш гранично можливих норм загрозливих і отруйних речовин; 3. мусять бути збалансованими за харчовою та біологічною цінністю; 4. у складі повинні бути наявні всі речовини, що задовольняють вимоги організму в енергії.
Синтетичні речовини	— спеціально синтезовані і внесені в склад продукту як добавки для поліпшення органолептичних або технологічних властивостей. 1. Перерахунок цих речовин дуже значний, але вони мають вузькоспеціалізовані функції. 2. Деякі синтетичні речовини за хімічною природою аналогічні або однакові з

натуральними.

3. Однак найчастіше вони отримані хімічним синтезом або за допомогою мікроорганізмів, тому їх супроводжують іноді проміжні речовини синтезу й інші домішки, не властиві природним речовинам.
4. У ряді випадків синтетичні речовини є ізомерами натуральних і погано засвоюються організмом людини.

Сировина харчових виробництв	— сировина є проблематичним об'єктом, якому притаманні різні ознаки: фізичні, механічні, хімічні, біологічні, мікробіологічні. У ході технологічного процесу вони змінюються.
Стандарт	— документ, що установлює норми та рекомендації об'єкта з ціллю здобуття найкращого ступеня впорядкованості.
Стандартизація	— функціонування, що зводиться до установлення положень з ціллю здобуття найліпшого ступеня впорядкування у чіткій сфері.
Стереотипний рівень пізнання	— майстерність вживати налагоджену систему у разі здійснення чітких задач функціонування та знання функції об'єкта і його визначальних характеристик.
Стан рівноваги	— у технологічних системах, як сукупності операцій, стан рівноваги усталюється, коли вхідні потоки сировини, що прибувають на технологічну операцію, врівноважуються вихідними потоками виготовленої продукції та потоками втрат сировини і перехідного продукту. Рівноважний стан характерний як окремій операції, стадії, так і всьому технологічному процесу в цілому. Таким станом для взаємодіючих систем є стан рівноваги, це така взаємодія, при якій вплив одних факторів компенсується дією інших. Згідно з вимогами другого закону термодинаміки будь-яка система взаємодіючих об'єктів прагне здобути такого стану, коли запас її внутрішньої енергії є найменшим, а ентропія найбільша.
Суспензії	— системи з твердою дисперсною фазою і рідким дисперсним середовищем.
Технологія	— сукупність методів впливу на зміну властивостей, стану і форм сировини, що здійснюється у процесі виробництва харчової продукції.
Технологічний процес	— сукупність усіх операцій, які забезпечують виробництво з сировини до підсумкового продукту заданої якості і функції.

Технологічний режим	— сукупність кількісних показників головних вимірів робочої зони, в якій реалізується визначена операція.
Технологічна операція	— сукупність впливу на сировину, яка здійснюється та приводить до очікуваних змін характеристик сировини.
Технологічна стадія	— сукупність кількох операцій, які забезпечують отримання безпосередньо продукту. У більшості харчових технологій виділяють три стадії: попередню, основну та кінцеву.
Технологічна система	— система, яка створена з ціллю економічної переробки сировини у належну продукцію.
Технологічні підсистеми	об'єднання двох і більше елементів системи.
Технологічна лінія	— сукупність обладнання, призначеного для реалізації технологічного процесу виробництва харчової продукції.
Технологічна машина	— технічне обладнання, призначене для здійснення технологічної операції.
Технологічний потік	— вид об'єднання системи, зв'язання значної кількості елементів у підсистеми та в систему, а також багатостадійних систем від вихідної сировини до заключного продукту.
Технологічний оператор	— комбінація процесорів, яка відповідає окремому технологічному процесу, що відбувається у машині чи агрегаті.
Технологічні матеріали	— сировина, за сприянням якої реалізується технологічний процес виробництва, зберігання та транспортування виготовленої продукції.
Теорема Онзагера	— якщо i -й процес почуває вплив прилеглого процесу k з потенціалом X_k , то i процес k провіщає вплив процесу i з потенціалом X_i .
Теорія збалансованого харчування	— теорія, яка підтверджує фундаментально, що їжа в організмі людини виконує не тільки поживну функцію, а й регуляторну.
Теорія адекватного харчування	— вдосконалена загальноприйнята теорія збалансованого харчування.
Теорія здорового харчування	— завдання сучасної харчової технології — вона зобов'язана досліджувати такі продукти, які були б не тільки збалансованими, а й традиційними для організму людини, з точністю сформованими у ході еволюції механізмами їх засвоєння. До них відносяться продукти з низькою калорійністю, малим вмістом: 1. холестерину,

	2. насичених жирів, 3. цукру, 4. кухонної солі, 5. хімічних консервантів 6. штучних добавок. До їх складу вводяться з метою підвищення біологічної цінності: • білкові добавки, • вітаміни, • мікроелементи, • незамінні амінокислоти • жирні кислоти.
Технологічний рівень пізнання	— вправність під час здійснення чітких завдань функціонування здійснювати розробку систем, що відповідають заданим властивостям і знання методів аналізу та технологій розроблювання моделювання.
Текучий золь	— матеріал, який утворився у результаті процесу утворення при механічному впливі, наприклад, перемішуванні, струшуванні, зв'язки між частками в коагуляційній сітці, зруйнування геля та перетворення.
Теплообмінний процес	— процес, до якого відноситься процес, що супроводжується перенесенням теплоти і зміною температури середовища. До таких процесів відноситься: охолодження, заморожування, нагрівання, варка, жаріння, пастеризація, стерилізація, температування та інші.
Теплофізичні властивості матеріалу	— визначають характер і швидкість протікання процесу нагрівання або остудження продукту. До них відносяться: • питома теплоємність; • коефіцієнти теплопровідності; • температуропровідності.
Теплопровідність матеріалу	— перенесення енергії від дужче нагрітих відрізків продукту до менш нагрітих у результаті теплового руху і взаємодіяння мікрочастинок. Теплопровідність зумовлює вирівнювання температури продукту. Кількість теплоти, що переміщається при цьому способом, описується законом теплопровідності Фур'є.
Теплоємність матеріалу	— визначає потужність змін температури тіла при його нагріванні або остудженні.
Температуропровід	— визначає стрімкість переміни (вирівнювання)

ність матеріалу
Тиксотропія

- температури продуктів.
- здібність дисперсних систем відновлювати структуру, зруйновану механічним впливом. Властива дисперсним системам і виявлена в багатьох напівфабрикатах і продуктах харчової промисловості. Таким чином, структурно-механічні властивості неодмінні для дефініції і контролю з точки зору:
- якості продукту структурно-механічних атестацій;
 - опрацювання технологій, які забезпечують отримання дисперсних систем із заздалегідь заданими властивостями;
 - розроблювання науково аргументованих методів розрахунку машин і апаратів з урахуванням властивостей продукту, який обробляється;
 - виготовлення автоматизованих систем контролю і керування технологічними процесами.

Тиксотропний матеріал

- матеріал вважається **тиксотропним**, коли його структура протягом конкретного часу спокою повертається до певного стану. Час тиксотропного руйнування для несхожих структур коливається у широких межах.

Токсичні речовини

- називаються речовини, що наносять шкоду при перевищенні їх максимально допустимого рівня (МДР). Зазначені речовини порушують безпеку харчових продуктів. Частина токсичних речовин у реальному обсязі навіть потрібна організмові людини. До таких речовин відносяться:
- мідь,
 - цинк,
 - залізо,
 - антибіотики.
 - свинець і миш'як у мізерно невеликих кількостях беруть участь у процесах обміну речовин, проте у величезних кількостях є потужними отрутами.

Умови та закони рівноваги технологічних систем

- кожна технологічна операція є системою характерних процесів, у ході яких сировина або перехідний продукт мало-помалу перетворює свої характеристики. У той же час кожен з цих типізованих процесів можна розглядати як сукупність системи взаємодіючих об'єктів.

Технологічна операція є системою взаємодій:

- взаємодія сировини з робочими органами і стінками машини;
- взаємодія відокремлених частин сировини поміж собою;
- взаємодія сировини з водою (або яким-небудь миючим агентом);
- взаємодія води з робочими органами та стінками машини.

Управління якістю харчових продуктів — система заходів, цілеспрямованих на забезпечення запланованого ступеня якості.

Фактори впливу на хімічні процеси —

- зниження температури в зоні реакції;
- збільшення концентрації однієї або обох вихідних речовин;
- зменшення концентрації продукту реакції, виводячи його з зони реакції;
- підвищення тиску в зоні реакції;
- зростання температури і концентрації реагентів.

Фактор інтенсифікації — вживання в означенні фактора інтенсифікації потенціалу процесу припускає, функцію рівноважної системи та визначає не тільки значенням потенціалу, а й значенням рушійної сили — віддаленістю системи від стану рівноваги. Інтенсифікувати рушійну силу можна шляхами:

1. збільшенням поточного потенціалу;
2. зниженням потенціалу рівноваги;
3. одночасною зміною обох потенціалів.

У дійсності частіше використовується спосіб, що зводиться до найбільше здійснимому зростанні первинного потенціалу. Це досягається за рахунок зростання градієнтів переносу:

- температури;
- тиску;
- концентрації;
- напруги;
- струму;
- іншої переносимої субстанції.

Фактор Збільшення поверхні фазових контактів — у гетерогенних процесах зростання рушійної сили підтримує збільшення або оновлення верхових фазових контактів реагуючих речовин. Це змушує до зростання ймовірності контактів та взаємодії реагентів, що рівнозначно збільшенню концентрації. Зростання поверхні фазових контактів у гетерогенній системі "газ-рідина"

відбувається такими способами:

- створенням тонкого шару або плівки рідини шляхом її поділу на верхові насадок або її носіїв (барабанні сушарки, насадкові абсорбери, плівкові випарні апарати);
- виготовленням рідкого аерозолю шляхом розпилювання, розбризкування рідини в певному робочому об'ємі газу (розпилювальні сушарки, льодогенератори, копильні агрегати з рідкими аерозолями);
- диспергування газової фази в рідині (реактори-барботери, тарілчасті ректифікаційні апарати, сатуратори, пінні апарати з завислим шаром).

Ферментативний процес	— суто ферментативний процес, перебіг прискорюється біокаталізаторами (ферментами, ензимами). Заснований на кінетиці біохімічних та мікробіологічних процесів.
Фізико-механічний процес	— процес, який супроводжується тільки зміною фізичних та структурно-механічних властивостей сировини чи перехідного продукту. Визначальних змін хімічного складу при цих процесах не виявляється. За характером процесу та обставинами його проведення у цій групі процеси діляться: механічні, гідромеханічні, теплообмінні та масообмінні.
Фізико-хімічний процес	— мало поширений процес, має місце при зберіганні сировини або готової продукції. До групи фізико-хімічних процесів відносяться: хемосорбція, набухання та старіння колоїдних структур. Враховується при організації переробки сировини та зберігання готової продукції.
Фізична модель	— полегшена аналогічність справжнього процесу, вона являється внаслідок складання критеріального рівняння з ціллю формулювання аналогічності умов однозначності процесу. На моделі реалізується серія дослідів, метою котрих є знаходження кількісних значень кінетичних коефіцієнтів.
Фізичне моделювання	— спосіб розрахунку, тому що при ньому використовується фізична модель: 1. складання критеріального рівняння, за сприянням якого характеризують аналогічні обставини однозначності процесу; 2. створення фізичної моделі — це полегшена аналогічність визначеного процесу;

3. реалізується серія дослідів, ціллю яких є знаходження кількісних значень кінетичних коефіцієнтів.
 4. Отримані за допомогою критеріальних рівнянь параметри в подальшому використовують для проектування реального процесу або апарату.
- Ці розрахунки є завданням навчальної дисципліни "Процеси і апарати харчових виробництв".
- | | | |
|---------------------------------------|---|--|
| Фізіологічна цінність продукту | — | мається на увазі вплив речовин продукту на травну, нервову, серцево-судинну та інші системи організму і на його опірність захворюванням і т. ін. |
| Фруктоза (фруктовий цукор) | — | наявна в багатьох продуктах рослинного походження, у продуктах тваринного походження — неprisутня. Переважно цукор зерняткових плодів, кавунів. Відрізняється підвищеною солодкістю і гігроскопічністю, корисно поглинається організмом людини. У меншому ступені зумовлює карієс зубів. У базі цукру, що редукують, вживається у карамелі, цукерках, фруктово-ягідних виробках, штучному меді. Найбільш цінний фруктозою простий мед (до 35%). Поступає у продаж у чистому вигляді для діабетиків, не справляє негативного впливу на їхній організм. Входить до складу молекул полісахариду інуліну, що наявні в топінамбурі і часнику. |
| Функція системи | — | це прояв її властивостей при взаємодії з якими-небудь системами або їх елементами. Основною функцією системи є перетворення вхідних потоків у вихідні. |
| Харчова технологія | — | прикладна наука, об'єктом котрої є засоби переробки матеріалів у харчові продукти з ціллю відбору і прикладного вживання найбільш дієвих за якістю та вигідністю. |
| Харчове законодавство | — | сукупність нормативів, які установлюють правила, потрібні для гарантування безпеки харчових продуктів. |
| Харчова цінність | — | позначає всю сукупність корисних ознак продукту. Харчова цінність продукту визначається: <ul style="list-style-type: none"> • вмістом і співвідношенням у ньому важливих харчових речовин (білків, жирів, вуглеводів); • біологічно енергійних речовин (вітамінів, незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот, мінеральних елементів та ін.); • енергетичною цінністю продукту; • органолептичними властивостями та безпечністю. |

Харчові волокна	— це такі волокна, які виконують: 1. в організмі людини формують не тільки живильну функцію, а й регуляторну; 2. під їх впливом в організмі продукуються ендогормони, які беруть участь у засвоєнні харчів; 3. характеризують організм людини у процесі асиміляції компонентів їжі; 4. не зайві для організму людини. 5. укупі з продуктами життєдіяльності мікроорганізмів визначають вагомі фізіологічні функції.
Хемосорбція	— процес хімічної взаємодії між речовиною і продуктом.
Хіміко-технологічна система	— сукупність пов'язаних між собою обладнань, у яких реалізуються технологічні процеси, потрібні для перетворення вихідної сировини у виготовлений матеріал заданої якості і функції. Ці трансформації складають фізико-хімічне значення процесу, а тому створенням певних обставин ходу цих трансформацій можна управляти технологічною операцією.
Хімічний процес	— процес, під час якого відбувається трансформування хімічного складу і внутрішньої структури компонентів сировини, проміжних та готових продуктів. У залежності від засобу ініціювання хімічні процеси діляться: суто хімічні, термохімічні, фотохімічні, електрохімічні, радіаційно-хімічні, каталітичні. У харчових виробництвах використовуються процеси: гідроліз, окислення, гідрогенізація, етерифікація та деякі інші.
Швидкість реакції	— з'ясовується кількістю молекул речовини, яка включається у взаємодію за одиницю часу в одиниці об'єму.
Шкідливі речовини	— забруднювачі, що викликають шкоду життю і здоров'ю людини. У залежності від їхньої природи або породи вони діляться: • хімічні; • радіаційні; • мікробіологічні токсини; • токсичні; • ксенобіотики.
Шпаруватість продукту	— показник, зворотний насипній щільності. Він свідчить про щільність при завантаженні навалом

	плодів, овочів, картоплі та ін. Шпаруватість картоплі, цибулі, буряку, баклажанів, моркви — 0,45%; міжбульбові проміжки складають 40% до об'єму насипу картоплі. При більшій шпаруватості овочі легше забезпечити повітрям і провентилувати.
Штучні речовини	— речовини, що формуються при хімічних реакціях у процесі виготовлення харчових продуктів. Започатковують новітні споживчі властивості виготовленого продукту, що різняться від вихідної сировини. До них входять: 1. гідрогенізовані жири; 2. переетирифіковані жири; 3. меланоїдини; 4. карамеліни; 5. флабофени.
Щільність матеріалу	— маса речовини, що міститься в одиниці об'єму. Розмір щільності продукту зумовлюється концентрацією сухих речовин у ньому.
Якість	— ступінь вимог, для яких сукупність характеристик задовольняє побажання.
Якість харчового продукту	— сукупність властивостей, що зумовлюють здібність продукту задовольняти вимоги організму людини в енергії упродовж терміну придатності.

ВСТУП

Удосконалення процесів виробництва хліба в напрямку поліпшення якості відповідає тенденції розвитку харчової науки. Одним із шляхів вирішення проблеми інтенсифікації замісу тіста є розробка сучасних технологій та широке застосування досягнень науки і техніки у виробництві. Значний вклад у вивчення процесу замісу тіста внесли Лісовенко О.Т., Стренк Ф., Щербатенко В.В., Зайцев Н.В., Ройтер І.М., Мачихін С.А., Пучкова Л.І., Медведєв Г.М., Циганова Т.Б., Ауерман Л.Я. і інші вчені [1-7].

Різноманіття технологічного призначення, унікальність фізико-механічних та специфічних вимог до тіста в умовах відсутності ефективного підходу до тістомісильних машин значно ускладнюють обґрунтування технологічних та конструктивних схем обладнання [8-14].

Одним із результативних методів поліпшення якості хліба є інтенсивна механічна обробка тіста при замісі, що дозволяє вплинути на його структуру при бродінні. Дослідження і вдосконалення робочого органу для інтенсивного замісу тіста, вивчення його властивостей приводить до створення сучасних засобів, які забезпечують раціональні параметри замісу тіста. Це вимагає пошук закономірностей технологічно обґрунтованого впливу на тісто, розроблення енергозберігаючих тістомісильних машин на базі застосовування наукових досягнень, експериментальних досліджень та аналізу експлуатаційних показників, що устанавлює напрями цієї наукової роботи, мотивуючи її актуальність та перспективи впровадження [15-20].

Поставлені задачі вирішувались із застосовуванням теоретичних та експериментальних методів дослідження із використанням новітніх вимірювальних пристроїв та обладнання. Аналітичні дослідження базувалися на теорії енергетичного балансу замісу тіста. Теоретичні залежності обґрунтовувалися на класичних залежностях термодинаміки. Обробка експериментальних даних здійснювалась за допомогою методів математичної статистики при використанні пакетів комп'ютерних програм COSMOSWorks 2007, SolidWorks 2007, Maple-8, Microsoft Excel-2003.

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень тістоприготування уперше:

- запропоновано об'єднати заміс і бродіння тіста в цілісну систему тістоприготування;

- представлена залежність кута атаки місильного органу нової конструкції від технічних параметрів замісу тіста;

- удосконалено науково-методичний підхід щодо визначення основних параметрів і показників роботи тістомісильної машини періодичної дії;

- набула подальший розвиток теорія енергетичного балансу тістомісильної машини із урахуванням енергії гідратації тіста.

РОЗДІЛ 1

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТІСТОПРИГОТУВАННЯ

Готування тіста займає основне місце в технології виготовлення хліба й хлібобулочних виробів. Якість приготовленої їжі в більшості залежить від характеристик використовуваної сировини. Конкурентноздатність багато в чому визначається якістю продукції. Ця мета досягається технічно грамотною реалізацією технологічного процесу. Різноманітність видів тіста дає змогу досягнення різних цілей приготування виробів.

Загальна характеристика домінуючих продаж продукції переробними підприємствами показує — вони займають майже 70 % ринка сільського господарства. Незначні темпи росту не дають можливості отримати обсяги перероблення. Враховуючи характер націнок, хлібозаводи встановлюють розмір націнки на борошно та хліб залежно від попиту. Тому хлібозаводи можуть встановити націнку в 12 % на хліб і борошно вищого ґатунку. В Україні значна кількість енергоресурсів витрачається на виробництво об'єктів з підвищеною тепловіддачею, із необґрунтованими втратами у промисловості та сільському господарстві. Резерв зменшення потреби в енергетичних ресурсах за рахунок прискорених структурних змін в економіці 10–12 % від існуючого споживання; впровадження енергозберігаючих технологій, економічно обґрунтованих процесів, ефективних апаратів і обладнання. У цьому напрямі можливе досягнення скорочення витрат на 25–30 % [21].

Питання формування економічних механізмів регулювання розвитку хлібопекарної промисловості є взагалі практично не вивченими. Розрахунки засвідчили, що в сучасних економічних умовах нормальне функціонування хлібопекарної промисловості можливе при рентабельності її продукції не менше 19 % [22].

1.1. Аналіз технологічного вдосконалення замісу тіста

Якщо ретельно проаналізувати етапи технологічного ланцюжка виробництва хліба, то можна дійти до висновку: виготовлення тіста є центральною ланкою, що формує якісні показники кінцевої продукції. Як показали дослідження в галузі тістоприготування, на заміс і наступне бродіння тіста витрачається у технологічному процесі 70 % часу й електроенергії. Різноманітність видів тіста дає змогу досягнення різних цілей приготування виробів.

Учені Кірієва Т.В.[23], А. Sadeghi [24] і University of Agriculture Faisalabad, Pakistan [25] проводили дослідження впливу різних видів закваски на тісто. Закваски використовувалися у різних пропорціях. Вони створюють оптимальні рН для дії ендоргенних факторів, котрі поліпшують властивості і

структуру тіста, діють на запах хліба, наповнення і збільшення об'єму буханки. Проводилися тести на якісні характеристики.

Дослідження Шарана Л.О. гранулометричного складу водоростевих добавок показало, що найменший ступінь втрат йоду мають водоростеві порошки з розміром частинок 1,0 мм, а найбільший – з розміром частинок 0,27 мм. На основі проведених досліджень розроблено та затверджено з реєстрацією в УкрЦСМ НД на широку групу хлібобулочних виробів, збагачених йод казеїном, (ТУУ 15.8-32645368.001-2004) “Вироби хлібобулочні з йодказеїном” [26].

Дослідження Удворгелі Л.І. стосуються впливу пектиновмісних яблучного і бурякового порошоків на якість тіста. Дослідження пружно-еластичних властивостей тіста, проведені за допомогою валориграфа, показали — водопоглинальна здатність тіста з яблучним пектиновмісним порошком (ЯПП) і буряковим пектиновмісним порошком (БПП), у порівнянні з контрольним, підвищується на 4,3 і 4,6 %. Тривалість утворення тіста з пектиновмісних вміст порошоків (ПВП) скорочується на 0,2-1 хв, підвищується його стійкість на 0,2-1,5 хв., еластичність зменшується, а розрідження зростає [27].

А. Latif і Т. Masud перевіряли в даному дослідженні технологію приготування хліба з використанням екстрактів із натуральних рослин з метою збільшення терміну зберігання хліба. Рослина *Moringa olifera* відображена в працях багатьох учених інших країн і володіє багатьма перевагами. Види хліба були хімічно проаналізовані на вміст вологості і компонентів. Якість кольору скоринки, її контроль, використання зразків доказали, що час зберігання збільшився з 4 до 6 днів [28].

Нікончуком О.А. встановлена математична залежність між об'ємом хліба, кількістю внесеного лізину, температури та терміну бродіння тіста. Питомий об'єм хліба з лізином збільшується на 12 %, пористість - на 3 %, деформація м'якушки - на 10-12 %. Установлено, що питомий об'єм у зразках з добавками зростає більш інтенсивно в порівнянні з контролем, особливо в перші 2,5 год. бродіння. Це свідчить про те, що тісто вибродило, і цей процес закінчується раніше в тісті з внесенням біологічно активних добавок [29].

Савчук Н.І. оцінював швидкість газоутворення тіста з поліпшувачами. Встановлено, що за 3 години автолізу тіста в контрольному зразку вміст водорозчинного азоту збільшується на 25,9 % до початкового, в тісті з поліпшувачем “Ново-Екстра” – на 18,9 %, при внесенні поліпшувача “Ново-Альфа” – на 20,6 %, що є наслідком уповільнення процесів пептизації та деполімеризації білкових речовин під дією складових поліпшувачів [30].

Учені D. Curic, D. Novotni, D. Tusak, I. Bauman, D. Gabric перевіряли вплив екструдованих видів муки на хлібопекарні якості тіста. Тісто з додаванням пектину і целюлози мало підвищену липкість. При бродінні тіста його об'єм значно збільшується. Всі види хліба, випечені з добавками гідроколоїдів, змогли поліпшити структуру хліба [31].

Борисенко О.В. розглядає яблучний та буряковий концентратив харчових волокон (КХВ), які містять у своєму складі відповідно 15,0 та 19,1 % складових речовин (СР) пектинових речовин. Встановлено, що внесення яблучного та бурякового (КХВ) підвищує початкову кислотність тіста на 1,7 град., зміщує його рН у бік оптимального для дії β -амілази пшеничного борошна, що сприяє інтенсифікації накопичення цукрів у тісті [32].

Антонюк М.М. встановлює, що при внесенні селену у кількості від 20 до 100 мкг на 1 г вихідного зерна, майже весь селен акумулюється насінням у процесі замочування протягом 48 год. Максимальну газоутворювальну здатність відмічено у зразка тіста з добавкою селеновмісного солоду сої. Тривалість дозрівання контрольного напівфабрикату складала 3,5 год, закваски з селеновмісним солодом — 3 год при температурі 28 °С [33].

Чуйко А.М. стверджує, що газоутворююча здатність борошна в присутності кріас-порошків з виноградних вичавків збільшується на 10-60 %. Це дозволяє подовжити термін зберігання пісочного печива, що містить 27 % жиру, на 10-20 діб: з 30 діб (у контрольного зразка) до 40-50 діб. Встановлено, що використання виноградних порошоків у виробництві дріжджових виробів дозволяє подовжити термін їх зберігання на 24 год [34].

J. Filipovic, S.S. Popov, N. Filipovic, вчені з Institute for Food Technology, Novi Sad, Serbia апробували нові підходи в тістоприготуванні. На рівні приготування тіста — тісто без включення волокон, в наступному - тісто з додаванням інуліна-GR мають найвищі цінності при вимірюванні формостійкості. При утримуванні тіста в заморожуваному стані в період від 30 до 60 днів, якість тіста з інуліном-GR вища ніж у контрольного тіста [35].

Department of Chemical Engineering Sciences Food Technology Mexico і CONICET, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Cordoba, Argentina проводилася серія експериментів з тістом і наступною випічкою. Відпрацьовувалися технології з використанням мікрокапсул висушеного розпилення і ензимами. Додавання в тісто мікрокапсул значно змінювали реологічні параметри розтягання. У кінцевому підсумку хліб з мікрокапсулами був більш компактним, ніж контрольний [36].

Поляковою А.В. визначено раціональні концентрації добавок для поліпшення реологічних властивостей клейковини пшеничного борошна. Додавання порошку сухих ягід калини і обліпихи у кількості 2 % до маси борошна сприяє зниженню адгезії на 15 % і 17 % відповідно, а у разі внесення 3% порошку сухих ягід глоду - на 20 % порівняно з адгезією тіста на маргарині без добавок [37].

Бондар Н.П. розглядала внесення у тісто продуктів переробки люпину (ППЛ). Вони інтенсифікують ферментативний гідроліз крохмалю пшеничного борошна, внаслідок чого накопичення цукрів за період дозрівання тіста збільшується на 22,0 - 49,8 %, їх витрати на бродіння — на 28,3 - 50,2 % порівняно з тістом без добавок, помітно укріплюється структура тіста, покращується його формостійкість. Під час вивчення впливу на клейковину тіста встановлено, що з тіста ППЛ відмивається на 1,8 - 2,9 %

менше сирії клейковини як після замішування, так і через 2 год. автолізу тіста [38].

Федорова Т.О. відзначає, що за складом незамінних амінокислот тритикалеве борошно вигідно відрізняється від пшеничного і житнього за вмістом лізину, метіоніну, триптофану та треоніну. Тісто доцільно готувати вологістю $48 \pm 0,5$ %, із закваскою у нього вносити 30 % всього борошна, тривалість замішування має бути 10 - 12 хв., тривалість бродіння 90 ± 15 хв., а кислотність $8 \pm 0,5$ град [39].

G.H.R. Jahed Khaniki, F. Vaezi, M. Yunesian, R. Nabizadeh and G.H.A. Paseban вивчали період тістоприготування, виконувалися виміри і контроль вмісту соди за допомогою аналітичного й рН-вимірів. Результати даного дослідження вказують на те, що рН і аналітичні рівні збільшуються з додаванням соди. При порівнянні цих двох методів прямий метод рН-вимірів являється більш придатним для рекомендації у виробництво. Окрім того, рН-метод виконується швидше і набагато точніше [40].

Учені University of Novi Sad, Faculty of Technology досліджували значні зміни реології тіста, це спостерігалось при внесенні муки із екструзованого зерна в пропорції від 10 % до 30 %. У порівнянні з пшеничним тістом в області направлення опору розтягнення тіста з екструзованим зерном дали зниження показників до 20 %. Якість скоринки хліба після випікання через 24 і 48 годин не показує значних змін [41].

Гринченко О.О. аналітичними дослідженнями розглядає тісто з використанням основних положень термодинаміки. Теоретичні дослідження показали, що забезпечення квазірівноважного стану продукції на основі напівфабрикатів функціональних композицій (ФК), некрохмальних гідроколоїдів (крохмаль-НГК) суттєво залежить від величини спорідненості високомолекулярної сполуки (ВМС) з водою. Практична реалізація теоретичної моделі отримання напівфабрикатів ФК дозволяє використовувати в їх складі НГК у суміші з іншою сировиною, зокрема зернобобовими, які попередньо піддаються термоекструзії [42].

Віннікова В.О. доводить, що відсоток введення добавки “Гемовітал” в пряники обмежений її впливом на органолептичні властивості готових виробів, особливо на запах, колір та смак. Встановлено, що введення дієтичної добавки “Гемовітал” сприяє утриманню в продукті зв'язаної води: за рекомендованої відносної вологості повітря для зберігання $w=70\%$ кількість зв'язаної води в нових пряниках “Бадьорість” складає 39 %, а в контролі — 33 %, що сприяє зменшенню втрат маси під час зберігання [43].

Білик О.А. оптимізує процес замісу тіста за комплексним показником якості, за таких значень оптимізувальних факторів: пружність клейковини — 55 од. пр, кількість клейковини — 24 %, внесено сухої пшеничної клейковини (СПК) — 2 %, а при застосуванні ферментних препаратів (ФП Нейтраза 1,5 MG): пружність клейковини борошна — 55 од. пр, тривалість вистоювання — 40 хв., внесено ФП Нейтраза 1,5 MG — 0,0005 % до маси борошна. Встановлено, що в разі використання ацетату кальцію пригнічується мікрофлора тіста, воно розслабляється, зменшується об'єм хлібобулочних

виробів на 6 – 15 %, формостійкість — на 10 – 25 %, пористість — 2 – 6 % [44].

Моргун В.О. відзначає, що основу вуглеводів зерна складає крохмаль — 65,8 %. При цьому помелі можливо виробляти до 50 % крупи пшеничної нешлифованої (30 % крупної фракції зольністю — не більше 1,50 % і 20 % дрібної фракції зольністю — не більше 1,30 %), а також 28 % борошна “Одеське”, зольністю — не більше 0,95 %. Одержані макарони з пшениць VI типу мають високу якість і добрі споживчі властивості: вміст білка перевищує на (1,5-2,0) % його кількість у пшениці II типу, висока міцність макаронів [45].

Учені Мізник Л.М. [46] і Sunday Y.G. [47] розглядали вплив різноманітних технологічних факторів на структурно-механічні властивості тіста. Показано, що в процесі виробництва виробів з начинкою напівфабрикати перебувають в умовах складного напруженого стану. При такому режимі формування підвищується якість готових виробів, оскільки суттєво знижується рівень розтягуючих напружень в оболонці і практично зникає стискання у матеріалі.

В. Boboye і I. Dayo-Owoyemi перевіряли 7 типів дріжджів у ході тістоприготування. Були виділені їх морфологічні і біохімічні ознаки для класифікації. Зразки випеченого тіста були піддані аналізу. Аналіз складався із 26 типів оцінок [48].

A. Sadeghi, F. Shahidi, S.A. Mortazavi і B. Sadeghi вивчали питання впливу дріжджів на тісто. При проведенні експериментів використовувалася мука і два види штамів бактерій. Тісто згідно умов експериментів, поміщалося у термостат. Після випічки проводилася перевірка хліба. Сенсорні якості хліба визначалися через 1, 24, 48 і 72 години [49].

Ученими Flour Milling and Baking Research Association, Chorleywood, Rickmansworth, Herts (England) виконувався заміс тіста за технологією Чорвуд Хлібного Процесу (CBP) за стандартною технологією із свіжої муки та із муки з погіршеним зберіганням. Зразки тіста були приготовлені в тістомісильній машині “Майндпін”. Досягнута максимальна потужність 40 кДж. протягом 5 хв. Дослідження проводились із жировими компонентами. Доказано, що вільні жири відповідають за збільшення об’єму тіста [50].

У своїх дослідженнях К.Е. Petrofsky і R.C. Hoseneу виміряли діапазон модуля ізольованого крохмалю і клейковини тіста, показали наявність у тісті взаємодій типу: крохмаль-клейковина, крохмаль-клейковина-вода. Тісто було замішано в оптимальному часі, бродило в закритих резервуарах близько 30 хв. Проводився тест на розрив між двома пластинами, потім зразки піддавалися розслабленню [51].

В своїй праці — “Utilization of pumpkin powder in bakery products”, вчені відзначають, що гарбузова пудра використовується як інгредієнт у хлібопеченні. Аналіз показав — гарбузова пудра значно підвищує вміст В-каротина в хлібі. Більше 15 % внесення пудри впливає позитивно на зовнішній вид і смакові якості продукції, 20 % ідеально для тістечок і тортів. Продукція також володіє високим енергетичним вмістом [52].

Ряд вчених — О. Al-Widyan, М.Н. Khataibeh вивчали діяння на якість хліба ксилансів. Були використані ендо-ксиланси (ЕС.3.2.1.8) із різноманітних джерел мікроорганізмів. Буханки вивчалися за об'ємом, кольором і швидкістю черствіння. У результаті проведення експериментів було виявлено — ксиланси мають значний вплив на якість хліба [53].

Проте, технічні нововведення перелічених робіт в існуючі технології тістоприготування лише поліпшують якісні показники продукції. При цьому слід зазначити, що ці творчі зміни лише модернізують загальноприйняті схеми виробництва тіста. Альтернативою може бути цілісність технічного та технологічного впливу, об'єднуюча заміс тіста і бродіння тіста з параметрами енергетичного діяння на тісто конструкційних показників тістомісильної машини.

1.2. Розгляд конструкцій тістомісильних машин

На хлібозаводах, хлібопекарських комплексах, міні-пекарнях застосовується досить-таки велика різноманітність тістомісильних машин. У них застосовується широкий спектр технічних рішень. У наш час на території України в експлуатації використовують досить таки велику кількість тістомісильних машин із різноманітним характером впливу на тісто в процесі замісу. Технічні характеристики представлені в табл.2.1. і виконані на рис.1.1.-1.11.

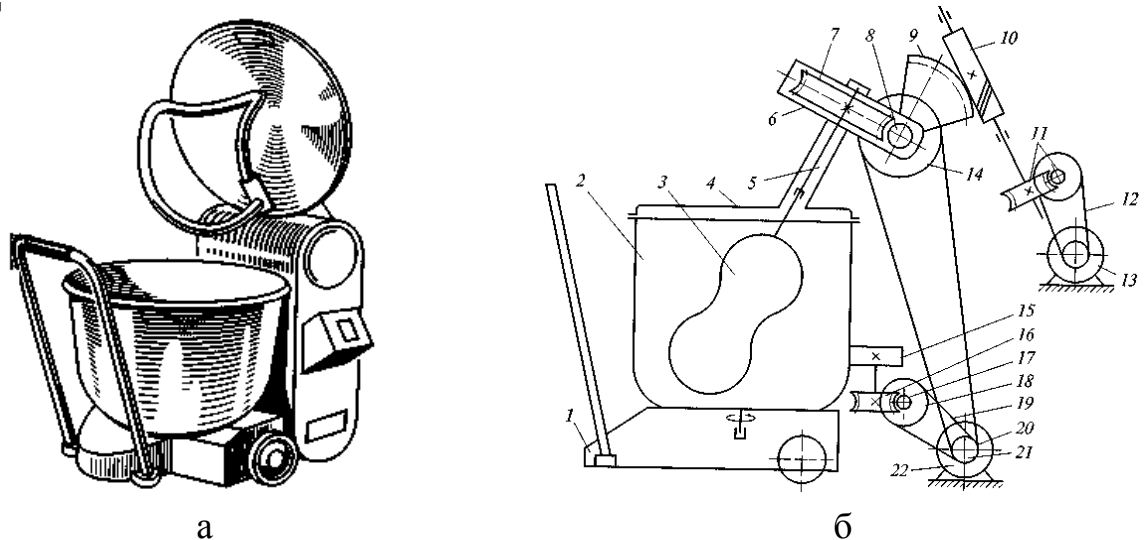


Рис.1.1. Тістомісильна машина МБТМ-140:

а – загальний вид; б- кінематична схема: 1 – візок; 2 – діжа; 3 – робочий орган; 4 – кришка; 5 – робочий вал; 6 –траверса; 7,16 – черв'ячні колеса; 8,10,17 – черв'яки; 9 – черв'ячний сектор; 11 – черв'ячна передача; 12 – клиноремінна передача; 13 – реверсивний електродвигун; 14,18,20,21 – шків; 15 – фрикційне колесо; 19 – клиновий ремінь; 22 - електродвигун.

Бурдо О.Г. аналізує загальні характеристики енергетики харчових технологій. Особливо виділені напрямки нанотехнологій, котрі являються

найбільш перспективними на даний момент. Цілеспрямоване застосування енергії в управлінні технологічними процесами дає змогу економити ресурси. Проведення етапів енергетичного аудита тістоприготування дає змогу підвищити ефективність замісу тіста [54].

Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б. та ін. дають класифікацію технологічних процесів, що проходять у результаті переробки продукту в апаратах. Три основні процеси харчових виробництв характеризуються: основними закономірностями перебігу, способом організації процесу та зміною параметрів процесу в часі. У подальшому 12 умов протікання процесів дають змогу розглянути організації виробництва за різними схемами [55].

Назаров Н.І. [56] вивчав вплив питомої інтенсивності замісу на якість виготовлюваного хліба у взаємозв'язку з максимальним крутним моментом й оптимальними параметрами властивостей хлібопекарських виробів. Вони встановили закономірність зв'язку екстремуму контрольованих параметрів й оптимуму якості виготовлюваного тіста. Автори роблять висновок: для визначення готовності тіста під час замісу варто керуватися екстремумами контрольованих параметрів.

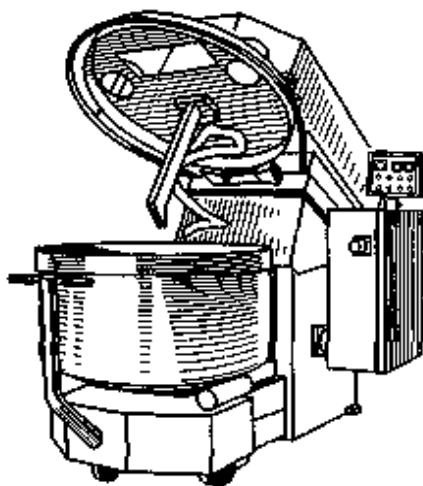


Рис.1.2. Тістомісильна машина “Прима-300”.

Аналізуючи у роботі технологічний процес готування хліба, Щербатенко В.В. виділяє загальноприйняті схеми: опарний, безопарний способи та ін. У зв'язку з цим виникає потреба за рахунок інтенсифікації періоду обробки тіста зменшити тривалість його замісу, взаємозв'язок інтенсивного замісу тіста з одержуваними технологічними властивостями. Вивчаючи підсумки експериментальних досліджень, прийшов до висновку, що посилений механічний вплив на тісто має позитивні моменти: приводить до механокренінгу крохмальних зерен, посилює їх атакованість амілазами борошна, що зумовлює ріст водорозчинних вуглеводів і цукру [57].

Учені М. Keentok, M.P. Newberry, P. Gras, F. Bekers, R.I. Tanner вивчали чотири промислових види муки, які були відібрані для проведення експериментів. Проводилися реологічні виміри механічних якостей муки: коливальний зріз на низьких амплітудах, сталий зріз на малих швидкостях,

вимір тиску в середовищі, в'язкість. Результати використовувалися для створення математичної моделі прогнозування поведінки тіста при випіканні [58].

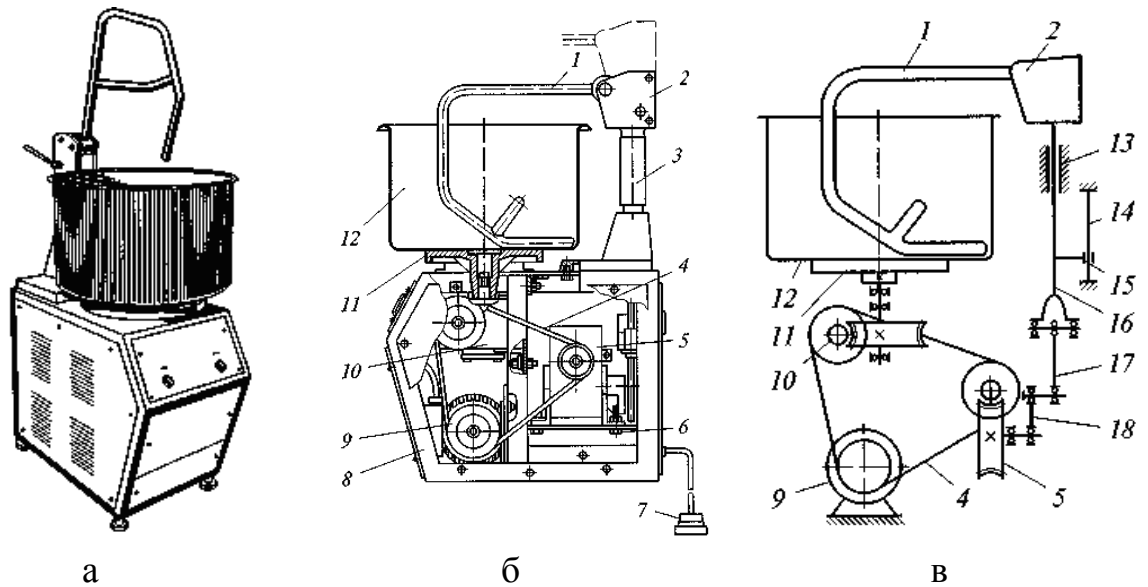


Рис.1.3. Тістомісильна машина МТМ-60М/Я16-ШХ:

а – загальний вид; б – вид у розрізі; в – кінематична схема; 1 – місильний важіль; 2 – місильна головка; 3 – робочий вал; 4 – клиноремінна передача; 5,10 – черв'ячні редуктори; 6 – болт; 7 – штепсельне рознімання; 8 – корпус; 9 – електродвигун; 11 – диск; 12 – діжа; 13 – втулка; 14 – палець; 15 – важіль; 16 – повзун; 17 – шатун; 18 – кривошип.

Аналіз тістоприготування Горбатюка В.І. дає змогу визначити характерні риси для кожної стадії перетворення сировини. Даний підхід базується на рівновазі системи, кінетичних рівняннях і класифікації основних процесів. Основи перемішування дані, виходячи: ціль перемішування — отримання однорідної суміші; процес здійснюється в двох і більше фазах; швидкість переносу знаходиться в залежності від інтенсивності змішування; поверхня контакту фаз визначається підведеною енергією [59].

При проведенні досліджень в основу аналізу взята класифікація змішувачів і функціональні схеми тістомісильних машин, розроблені Лісовенком О.Т. [61,62]. Основний критерій аналізу тістомісильних машин: оцінювання особливостей конструкційного виконання; метод впливу на тісто; поширення на хлібопекарських підприємствах; конструкція й характеристика місильного органу. Даний підхід дає можливість виявляти напрямки вдосконалювання конструкцій тістомісильних машин, і вони є теоретичною основою замісу в тістомісильних машинах.

Стадник І.Я. відзначає, що у принципово нових тістомісильних машин наявна оптимізація їх робочих процесів і встановлення раціональних параметрів робочих органів. Відпрацювання на рідинних середовищах всіх типів робочих органів показало їх перспективність та необхідність доопрацювання конструкції так, щоб можна було замінити вплив зусилля адгезії на поверхні робочого органу на зусилля зсуву робочої маси тіста. Найкращі показники газоутворюючої здатності тіста при тривалості

замішування 120 с були у дисковому місильному органі (ДМО) при $n=270$ об/хв, у тарілчастому місильному органі (ТМО) при $n=250$ об/хв, у гвинтовому місильному органі (ГМО) при $n=200$ об/хв. [62,63].

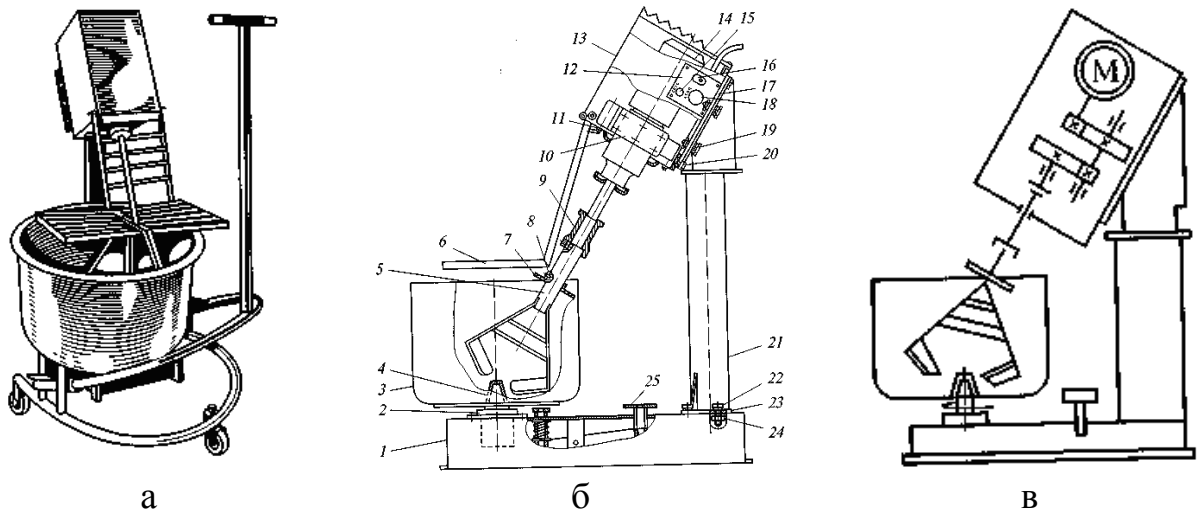


Рис.1.4. Тістомісильна машина МТМ-110:

а – загальний вид; б – вид у розрізі; в – кінематична схема; 1 – основа; 2 – опора діжі; 3 – діжа; 4 – втулка; 5 – місильний орган; 6 – огорожа; 7 – відбійник тіста; 8 – гвинт; 9 – муфта; 10 – редуктор; 11 – кінцевий вимикач; 12 – пульт керування; 13 – приводний механізм; 14 – електродвигун; 15 – індикатор напруги; 16 – пуск; 17 – передній лист; 18 – аварійна кнопка “Стоп”; 19,20,22 – болти; 21 – стойка; 23 – фланець; 24 – контргайка; 25 – педаль гальма.

І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов і ін. розглядають процес змішування — як процес, який приводить вихідні компоненти до рівномірного розподілення у змішувальному об’ємі. Різна кількість компонентів змінюється у широкому діапазоні. Для спрощення ефективності розрахунку використано критерій оцінки, використовуючи коефіцієнт варіації K . Встановлена потужність привода планетарного механізму та питомої поверхні шнека змішувача з планетарно – шнековою мішалкою [64].

У роботах Мушкаробарова Н.Н. [65] викладено результати дослідження поведінки білків та інших компонентів під час седиментації, центрифугування, рівноважного стану в процесі перемішування. Він отримав рівняння, що описують цей процес. Експерименти проводилися на рівні макромолекул, при цьому враховувалася молекулярна маса білків, склад компонентів суміші та дифузія.

Стренк Ф. [66] включав у характеристики впливу місильного органа на тісто й поняття інтенсивності механічної обробки тіста. У цю функцію він вводить такі складові: щільність тіста, його в'язкість, тривалість замісу, колову швидкість місильного органа.

Мачихін Ю.А., Мачихін С.А., Медведєв Г.М. [67,68] досліджували поведінку суміжних шарів тіста біля місильного органа. У процесі перемішування місильним органом в'язкість тіста змінюється з часом і через структуру утворення. Під впливом місильного органа у суміжному шарі тіста

частки зрушуються, причому від швидкості зсуву залежить в'язкість. На зниження в'язкості впливають також температура, швидкість зрушення, вібрація. Зменшення в'язкості тіста впливає на зниження опору місильному органу, а, отже, й енерговитрат на виконання процесу замісу тіста.

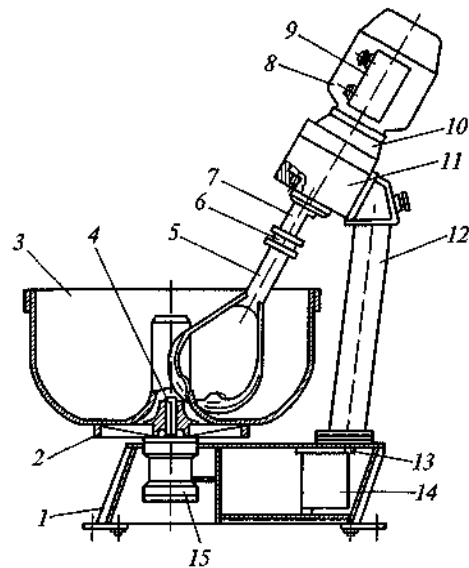


Рис.1.5. Тістомісильна машина МТ-60-01:

1 – основа; 2 – днище; 3 – діжа; 4 – вал діжі; 5 – місильний орган; 6 – втулка; 7 – вал приводу; 8 – електродвигун; 9 – кнопочний пост; 10 – привод; 11 – редуктор; 12 – стойка; 13 – кришка; 14 – відсік; 15 – стакан.

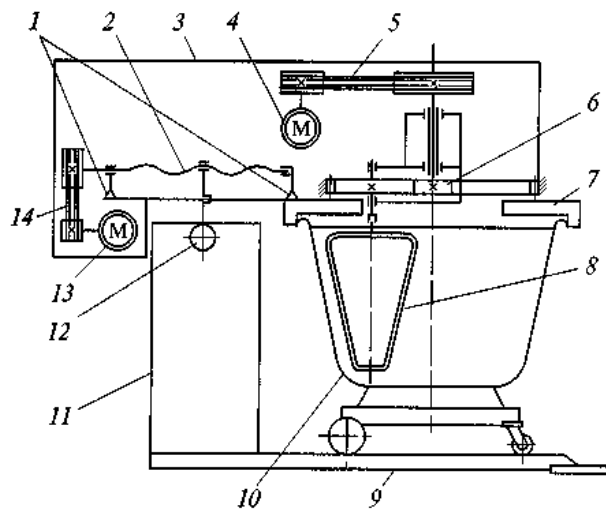


Рис.1.6. Тістомісильна машина А2-ХТМ:

1 – кінцеві вимикачі; 2 – гвинтова пара; 3 – траверса; 4,13 – електродвигуни; 5,14 – клиноремінні передачі; 6 – планетарна передача; 7 – кришка; 8 – місильний орган; 9 – фундаментна плита; 10 – діжа; 11 – станина; 12 – вісь повороту траверси.

Петько В.Ф., Гапонюк О.І., Петько Є.В., Ульяницький А.В. відзначають, що якість замісу залежить від конструкції місильних органів, їх швидкості, тривалості замісу і консистенції тіста. Конструкція місильних органів повинна змішувати й механічно обробляти тісто при найменших витратах енергії. За витратами енергії тістомісильні машини поділяються на

машини для замісу звичайного (з витратами енергії до 15 кДж/ кг тіста), інтенсивного (15-30 кДж/кг) і суперінтенсивного (понад 30 кДж/кг) [69].

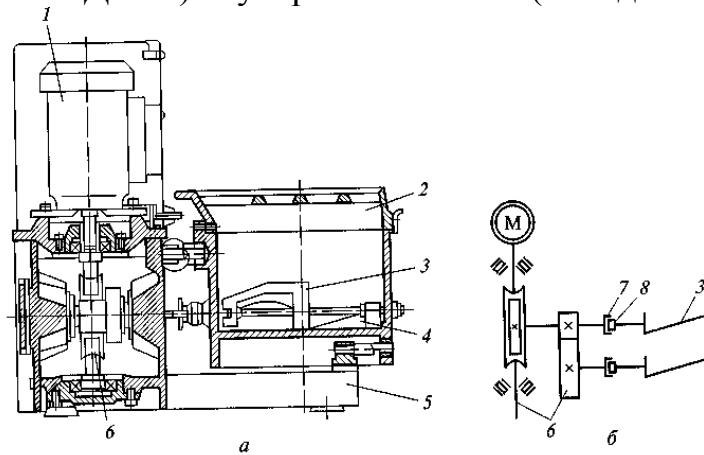


Рис.1.7. Тістомісильна машина МТМ-15:

а – загальний вид; б – кінематична схема; 1 – електродвигун; 2 – решітка кришки; 3 – лопаті; 4 – робоча камера (резервуар); 5 – станина; 6 – черв’ячно-циліндричний зубчастий редуктор; 7 – паз муфти; 8 – шип муфти.

Аналіз роботи Стечишина М.С. у галузі обладнання підприємств харчової промисловості свідчить, що його недостатня надійність і довговічність в багатьох випадках зумовлена інтенсивним корозійно-механічним зношуванням (КМЗ) деталей при їх контакті з корозійно-активними середовищами (КАС) харчових виробництв. КАС харчової промисловості — це водні розчини, які в широких межах відрізняються між собою реакцією (рН 2 - 14), температурою, густиною, в’язкістю, вмістом різних розчинних і нерозчинних компонентів. З метою практичного використання цієї залежності для ряду матеріалів знайдені коефіцієнти пропорційності C та показники ступеня n [70].

Пучкова Л.І. розглянула методики впливу конструкцій місильних органів і їхнього зв'язку з інтенсивністю процесів, що відбуваються під час замісу тіста. Розроблено методику досліджень, поєднано інтенсивну механічну обробку й інтенсифікацію процесів, що проходять в опарі й тісті, з контролем підвищення температури тіста [71].

Ученими M.N. Charalambides, L. Wanigasooriya, J.G. Willams, S.M. Goh, S. Chakrabarti отримані криві тиску-розтягнення при одновісьовій компресії, одновісьовій пружності (розтягнення) і умові завантаження при рівномірному двовісьовому тиску. Експерименти були проведені при швидкостях розтягнення 0,5 і 50 хв⁻¹. Тести були виконані на різноманітних швидкостях розтягнення. Визначалася залежність характеристик матеріалу від часу. Для замісу використовувалася тістомісильна машина INSTRON модель 5543 [72].

Шалугін В.С., Шмандій В.М. розглядають місильні органи для приготування тіста, які мають складну конструкцію і повинні здійснювати рух, забезпечуючи переміщення продукту в різних напрямках. Інтенсивність механічної дії місильних органів на оброблюваний продукт визначається

тривалістю перемішування, швидкістю їх відносного перемішування, а також поверхнею місильних органів [73].

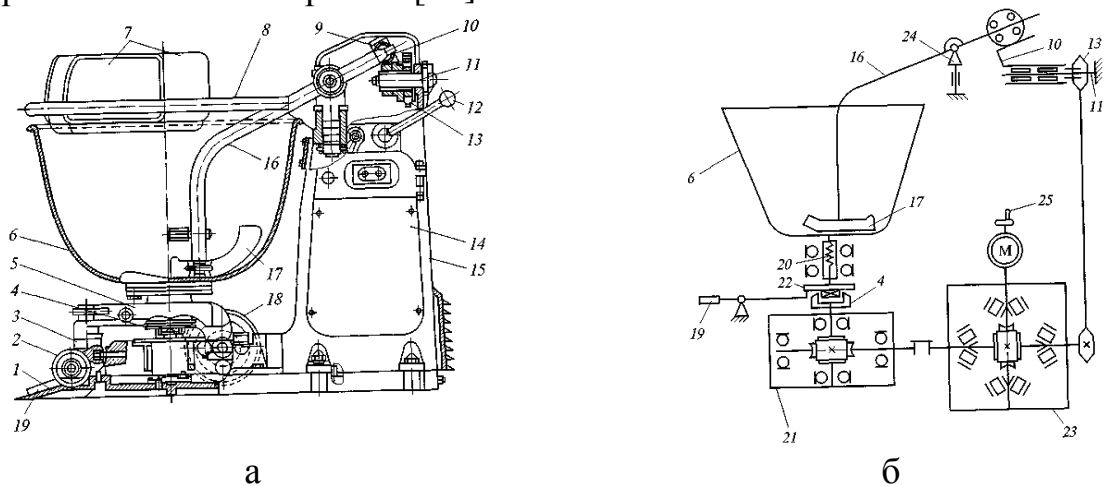


Рис.1.8. Тістомісильна машина ТММ-1М:

а – загальний вид; б – кінематична схема; 1 – фундамента плита; 2,18 – колеса; 3 – пересувний візок; 4 – диск; 5 – кожух; 6 – діжа; 7 – захисні щитки; 8 – важіль; 9 – шарикопідшипник; 10 – кривошип; 11 – вісь; 12 – рукоятка; 13 – зірочка; 14 – електродвигун; 15 – станина; 16 – місильний важіль; 17 – лопать; 19 – педаль; 20 – пружина; 21,23 – черв'ячні редуктори; 22 – цапфа з виступом; 24 – шарнір; 25 – маховик.

Паламарчук І.П. відстежував унікальні можливості вібраційного поля, обґрунтовуючи перспективність застосування вібраційних приводів для здійснення означених переробних процесів, зокрема перемішування. При проектуванні вібраційних перемішуючих машин превалюючими заходами для удосконалення конструкції досліджуваного обладнання стало використання кількох джерел енергії у приводному механізмі, застосування додаткового планетарного руху виконавчих органів машини, в результаті чого були розроблені конструкції та створені експериментально-промислові моделі віброзмішувачів барабанного типу [74].

Огляд наукових праць Шевченко Р.І. дав можливість установити, що під час замісу рідкої опари й тіста процес замісу повинен досягти двох цілей: знизити в'язкість середовища, створити умови для інтенсифікації дріжджового й молочнокислого бродіння. Додатково також було виявлено підвищення газоутворення на 25–30 %, при цьому спостерігалось збільшення кислотонакопичення. Так, при внесенні в тісто 2,5 і 7,5 % комплексу білкових добавок гранична напруга зрушення зростає у порівнянні зі зразком тіста без добавок відповідно в 1,28 і 1,44 рази [75].

Топольник В.Г. характеризує якість технічної системи, вона тим вища, чим вища її технологічна функціональність. Для оцінки технічного рівня обладнання, як основи його якості, окрім звичайних питомих показників: займаної площі F , маси m і потужності N_e , визначали питомі показники енергонасиченості ($E_n = N_e/m$), затратності функціонування ($3\Phi = N_e \times m \times F$) і виробність $B_p = G/(N_e \times m \times F)$ (G — продуктивність обладнання, кг(шт. виробів)/год). Серед очисного обладнання найбільш високий технічний

рівень встановлений серед тістомісильних машин, кращими з яких є МТ-100-01 і А2-ХТМ, серед збивальних — МВ-35М, МВ-60, МВ-100 [76].

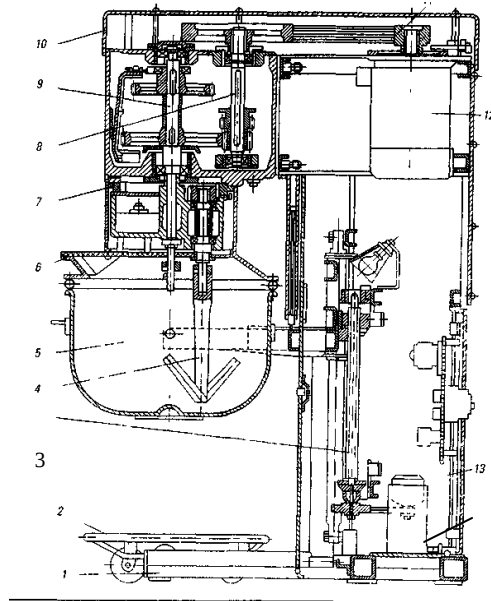


Рис.1.9. Тістомісильна машина МТІ-100:

1 – станина; 2 – візок; 3 – механізм підйому; 4 – робочий орган; 5 – бачок; 6 – відкидна кришка; 7 – приводна головка; 8 – вхідний вал; 9 – вихідний вал; 10 – кришка; 11 – ремінна передача; 12 – електродвигун збивального механізму; 13 – електродвигун підйомного механізму.

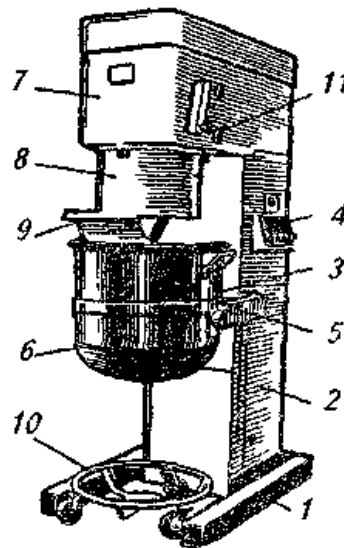


Рис.1.10. Тістомісильна машина МТІ-100:

1 –лита основа; 2 – станина; 3 – механізм підйому; 4 – пульт управління; 5 – кронштейн; 6 – бак; 7 – приводна головка; 8 – захисний зонт; 9 – завантажувальний лоток; 10 – триколісний візок; 11 – важіль переключення.

Технічні характеристики тістомісильних машин періодичної дії								
Таблиця.1.1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фірма виробник (країна)	Марка тістомісильної машини	Q кг/год	Об'єм діжі, л.	Загрузк а, кг.	N привода/ траверси кВт.	Частота обертання діжі/лопаті ,XB ⁻¹	Габаритні розміри (D ₁ ×D ₂ ×D ₃), мм.	Маса кг.
ПО Маш.завод (Казахстан)	МБТМ-140	60	140	—	2,2/0,25	—	1140×850×1350	350
	Прима-300	160-180	300	—	17,6	12,8/102; 204	1870×1260×1343	1530
АО Бежецьк (Россия)	МТМ-60М/Я16-ЦХ	—	60/60	20/20	1,1	—	750×540×1165	160/160
	МТМ-110	—	110	До 60	1,1	-/80	970×630×1350	115
	МТ-60-01	160	60	30;40;45	1,1	80/4;10	920×600×985	80
ПО Ашхабад маш.завод Туркмения	МТМ-15	—	15	—	1,1	23/46	750×500×750	85
	ТММ-1М	300	140	—	2,2	4/27	1140×840×1005	350
Схід (Россия)	МТІ-100	950	100	—	3,75	140/140	780×1200×1750	850
	Г7-Т3М-63	—	300	—	5,2	—	1450×850×1550	740

Продовження таблиці.1.1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПО Сміла Маш. завод України	A2-XTM	475	140	—	1,8/0,37	—	1225×850×100	337
	ЛІ4-ХТВ	550	140	—	1,5/0,37	—	1245×850×100	375
Sigma (Італія)	ВМ-80DT	—	80	—	3	40-160	800×1000×1510	300
	ВМ-20	—	20	—	0,9	40-160	600×710×840	108
МВМ (Німеччина)	NT 70 2V	—	70	—	1,1/1,8	—	590×960×1000	180
	A40B	—	40	—	1,5	—	530×800×800	111
Metos Karhu (Фінляндія)	МК-1С	—	100	—	3	—	730×1165×1980	
	АР-80	—	80	—	3	—	710×1110×1600	
Саварія (Угорщина)	ИН-40	—	40,60	—	1,5	63,118,162,212	760×560×1135	300
	ИН-60	—	40	—	2,2	40,60,80	—	—

Сандул О.О. показала, що вирішувати питання інтенсифікації процесу екструзії можна, впливаючи, з одного боку, на властивості матеріалу, що формується, а з іншого – на конструкцію обладнання. Моделювання процесу деформування дріжджового тіста в умовах силового навантаження. Величина зміни гідростатичного тиску ΔP , розрахована з його допомогою, дозволяє обчислити приращення напруження $\Delta\sigma_x = \Delta\sigma_y = \Delta\sigma_z = \Delta P/3$. Саме вони були незалежними факторами, значення яких варіювали в межах: час бродіння t : 30 – 120 хв.; тиск P_n : 0 – 300 кПа; діаметр матриці: 0,005 – 0,018 м; довжина матриці: 0,016 – 0,050 м. [77].

Дослідження Ковбаси В.М., проведені на фаринографі, показали, що добавка екструдованого пшеничного борошна (ЕПБ) в будь-якій кількості підвищує водопоглинальну здатність тіста на 2,2-5,4 %, а екструдованого пшеничного крохмалю (ЕПК) на 0,8-2,2 %, що є передумовою для підвищення виходу хліба за рахунок збільшення вологості тіста без погіршення якості виробів. Крім того, добавка ЕПБ у 2 рази, а ЕПК на 25 % прискорює час утворення тіста, при цьому збільшується розрідження тіста, що може бути наслідком часткового розчинення набухлих зерен екструзійно оброблених борошна та крохмалю, а також гідролітичного розщеплення крохмалю амілазами в процесі замісу та відлежування [78].

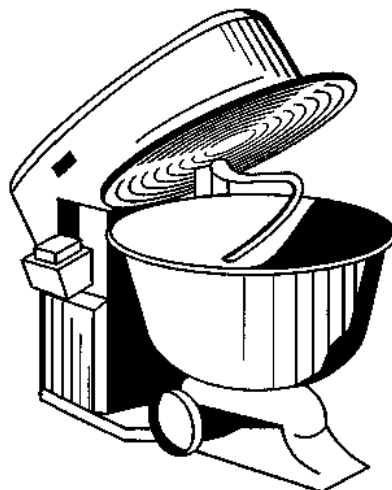


Рис.1.11. Тістомісильна машина Л4-ХТВ

Виконано апріорне ранжирування й опитування працівників невеликих хлібо заводів, міні-пекарень і хлібопекарських комплексів (додаток А). Воно показало:

- найприйнятнішим в умовах малих виробництв є широке застосування різних видів тістомісильних машин періодичної дії з місильним органом;
- рідке застосування в технологічному ланцюжку виробництва малих підприємств;
- невідповідність технічних можливостей тістомісильної машини й обсягу продукції, що випускається;
- технологічні показники не відповідають комплексу вимог асортименту і малого обсягу продукції.

— широке застосування різних видів тістомісильних машин періодичної дії з місильним органом, що має характер впливу по круговій траєкторії.

Найперспективнішою є тістомісильна машина — Л4-ХТВ, що й підтверджують апріорні дослідження, проведені нами. З огляду на те, що особливий вплив на процес утворення тіста чинить місильний орган, то для проведення подальших досліджень варто проаналізувати місильні органи.

1.3. Розгляд конструкцій місильних органів тістомісильних машин

Упровадження нових технологій замісу тіста залежить від ефективного впливу на тісто місильних органів. Оцінювальною стороною є технологія виготовлення хліба й хлібобулочних виробів у своїй розмаїтості, критерієм оцінювання якої є швидкість перебігу основних процесів, температура оброблюваної маси, кислотонакопичення тощо. Класифікація конструкцій місильних органів тістомісильних машин представлена в табл.1.2.-1.3.

Плахотін В.Я., Тюкова І.С., Хомич Г.П. розглянули особливості продуктів харчового виробництва, їх класифікацію, характеристику та основні закономірності. Базою для технологій являються фундаментальні науки й принципи побудови технологічних процесів. Враховані взаємозв'язки теоретичних основ технологій харчових виробництв. Зроблена спроба дати єдину термінологію харчовій галузі [79].

О.В. Дацішин, А.І. Ткачук, Д.С. Чубов та ін. відрізняють інженерні методи розрахунку, які викладено з додатковими даними, необхідними для виконання технологічних розрахунків машин та обладнання. Посилена механічна обробка тіста здійснюється у тістомісильних машинах періодичної дії з планетарним обертанням робочого органу. При цьому підкатна діжа в процесі замісу нерухома [80].

Мачихін С.А. та ін. [67] проводили дослідження факторів збільшення частоти обертів місильного органа й тривалості замісу тіста. Експерименти показали, що вони не впливають на тривалість бродіння і майже не впливають на смак готової продукції. Автори рекомендують для поліпшення якості хліба збільшити масу оброблюваного тіста в місильній місткості.

Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. відрізняють у технологіях принципи та задачі хлібопродуктів. Ними установлені методичні принципи, режими, обладнання і технологічні особливості загального виготовлення хлібопродуктів [81,82].

Дослідження Imperial College London, Mechanical Engineering Department спрямовані на механічні характеристики при терті продуктів. Точні дані необхідні для моделювання процесів, які приводять до створення продукції високої якості. Було досліджено тиснення всередині тіста при замісі.

Вивчався взаємозв'язок тиснення-розтягнення тіста в період інтенсивного впливу. Використовувалося масло для зниження тиснення при терті. Був визначений коефіцієнт тертя тіста об місильний орган. Визначено,

що при криві тиснення-розтягнення близькі один до другого, як в слідок є змога прогнозування процесів тертя [83].

Таблиця 1.2.

Місильні органи

Прутяні	Вінець	Шкатулка	Основа	Ядро	Юла
Крюкові	Шлейф	Зачепа	Крюк	Спіраль	Якір
Здвоєні	Фаза	Шик	Бак	Пушка	Армада
Плівкові	Цеп	Ліхтар	Крок	Оберт	Хлист
Вильчаті	Вісь	Ричаг	Плаха	Захват	Вилка

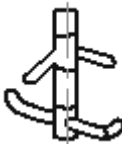
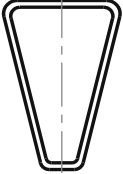
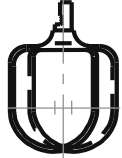
Стабников В.Н., Лисянський В.М., Попов В.Д., Малежик І.Ф. [84,85] пропонують використати більшу кількість термінів і підходів механічного впливу для інтенсивної обробки замісу тіста.

Зайцев Н.В. [86] довів, що посилений механічний вплив сприяє скороченню терміну дозрівання тіста. Вивчення енергетики періоду замісу в тістомісильних машинах безперервної дії показало, що потужність, затрачувана на механічну обробку тіста, розподіляється нерівномірно. При цьому у вихідний момент, під час перемішування компонентів вона

мінімальна, а до кінця періоду вона планомірно збільшується до максимального значення під час тістоприготування.

Таблиця 1.3.

Місильні органи

Фігурні	Моллюск	Шлейф	Головка	Мідія	Чадо
					
Парні	Вибій	Плут	Флот	Фляга	Абзац
					
Бичові	Штрих	Штопор	Дзига	Штифт	Шип
					
Рамні	Рамка	Трапеція	Цикл	Сфера	Капля
					

Продовження таблиці 2

Решітчасті	Лопать	Центр	Шаблон	Квартет	Частинка
					

Мельников С.В.[87] відзначає, що інтенсифікація механічного впливу на сферу сприяє прискоренню тепло й масообміну.

П.С. Берник, З.А. Стоцько, І.П. Поламарчук та ін. аналізують машини для перемішування. Поділяють їх на 3 групи: механічні, пневматичні та імпульсні, детально описують процес замісу під різними кутами зору, ефективність та різноманітність технологічного використання, технологічну потужність, питомі витрати енергії, продуктивність та критерії

перемішування, зв'язані розрахунком з геометричними і режимними показниками разом [88].

Станевський О.Л. наголошує, що перспективним шляхом удосконалення енерготехнологій вважається розроблена технологія комплексного використання теплоти. Удосконалення теплового стану за допомогою розробленої методики дозволить ці втрати скоротити на 5-10 % від номінальної потужності обладнання [89].

Щербатенко В.В. [57] установив, що посилений механічний вплив на тісто є позитивним, бо період дозрівання тіста значно скорочується. Дослідження показали, що на тихохідних тістомісильних машинах однаковий ефект обробки виходить за умови рівності витрат питомої енергії на заміс тіста. Він прийшов до висновку, що інтенсифікацію замісу тіста можна здійснити варіюванням швидкості обертання місильних валів, а також зміною кута повороту місильних лопатей, закріплених на валах місильних органів.

Дослідження S. Tireki, G. Summu і A. Esin спрямовані на вивчення вмісту води в тісті. Він знижується під час сушіння у мікрохвильовій печі, галогеновою лампою. Час сушіння скорочувався із збільшенням сили світла. Були використані лампи із потужністю 30, 50 і 70 Вт. Виявлено, що при сушінні мікрохвильовим способом із використанням інфрачервоного випромінювання, мікрохвильова енергія була домінуючим механізмом у 9 разів вища, ніж в ультрачервоного [90].

Бурдо О.Г., Калінін Л.Г. провели класифікацію методології кінетики процесів перемішування у різних умовах тістоприготування. Розроблені основи умов моделювання енергетичного впливу і обмінних процесів компонентів тіста. Математичні моделі процесів перемішування у рідкому середовищі розглядають зі сторони інтенсивності і ефективності перемішування.

Оцінка якості замісу здійснюється зі сторони розподілу концентрацій найбільш малочисленого компонента в об'ємі тіста [91].

Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Українець А.І. та ін. розглядають також процеси тістоприготування. Даний підхід визначається витратами потужності N (кВт) на заміс тіста, здійснений для найбільш розповсюджених 7 типів мішалок: дволопатевої, чотирилопатевої, якірної, рамної, турбулентної відкритої, пропелерної трилопатевої та турбінної закритої. Приведені основні розрахункові залежності дають змогу враховувати режим замішування та характер способу замісу: періодичний чи безперервний [92].

Драгильов А.І., Сезанаєв Я.М. розглядають тістомісильні машини, які широко застосовуються у різних галузях хлібопекарної промисловості для замісу тіста. Дано різні види розрахунків тістомісильних машин. Загальний об'єм формул, якими описано повний цикл розрахунку різних типів змішувачів, досягає 82. Кількість вихідних даних обчислення — 240. Даний підхід дає можливість системно оцінити енерговитрати при процесі замісу сумішей і, особливо, тіста [93].

Полевич В.В. охарактеризував проблеми, які виникають під час переробки харчової сировини. Зазначено, що основним із цих етапів варто вважати здрібнювання частинок сировини до розмірів 1-50 мкм., і розглянуто механізм здрібнювання під дією сил зовнішнього та внутрішнього тертя. Дослідження показали, що для досягнення ефективності цього процесу необхідні більші частоти обертання робочого органа апарата, ніж для інших видів зернової сировини — $10-12 \text{ с}^{-1}$ [94].

Зв'язок геометрії місильного органа з особливостями його впливу на оброблюване середовище й енергетичні показники досліджував Лісовенко О.Т. [60,61]. У його роботах докладно аналізується даний напрямок досліджень. Він уперше пов'язав інтенсивність впливу місильного органа на тісто з геометрією місильного органа, встановив зв'язок технічних можливостей тістомісильної машини і енергетики процесу тістоприготування з якісними характеристиками перебігу процесів утворення тіста.

У роботі Гуць В.С. виконано класифікацію основних реологічних моделей харчових продуктів з урахуванням їхньої консистенції і виду дисперсних систем. Вони описують реодинамічний процес у випадках, коли напруження деформування не перевищує критичного значення, при якому руйнується цілісність продукту і він розпадається на окремі частки. Наведено математичні моделі, що описують процес дії на частинки, які стискаються за умови, коли сила опору пропорційна швидкості, а також квадрату швидкості осідання [95].

Сухенко Ю.Г. характеризує умови роботи і причини втрати працездатності деталей обладнання хлібопекарної промисловості. Основними причинами, які призводять до їх швидкого спрацювання, є висока хімічна агресивність зовнішніх середовищ, механічний знос та використання традиційних конструкційних матеріалів. Значним чинником ресурсопоглинання є зношування робочих органів. Робочі вузли машин, перероблювані речовини та технологічні рідини утворюють складні динамічні системи, закономірності тертя та інтенсивність зношування [96].

Дашкевич А.О. відзначає, що ефективність процесу перемішування залежить від форми траєкторії руху робочого органа. Розрахунок дії тістомісильної машини на тісто складався як з траєкторії руху точки, що належить місильному органу, так і визначення кінематичних (швидкості та прискорення) і динамічних характеристик роботи тістомісильної машини. Це дозволило здійснити крок до встановлення зв'язку геометричних розмірів тістомісильної машини з енергетичними характеристиками планетарного механізму, що дає змогу ще на стадії проектування визначати раціональні параметри [97-99].

Берник М.П. вивчав поєднання вібраційного впливу з обертанням місильних органів у діжі, що створює зону інтенсивного змішування по всьому робочому об'ємі. Можливість переведення системи, що обробляється, у стан віброкипіння дає можливість у 10-15 разів збільшити частоту обертання робочих органів без підвищення температури маси продукції, а короткотривалість обробки та зниження потужності привода зумовлює

зниження загальних витрат електроенергії. Значно знижена витрата енергії (на 80 – 85 %) у процесі змішування і собівартість вібраційного змішувача [100].

Ряд авторів: M.N. Charalambides, L. Wanigasooriya, J.G. Williams, S. Chakrabarti — проводили тест газового надування тіста. Він застосовувався для визначення рівних сторін двовісьового тиснення - розтягнення деформації пшеничного тіста. Тісто було замішано в тістомісильній машині з фіксованим моментом обертання. Тривалість замісу 3 хв. для кожного зразка. У подальшому блок-схема застосовувалася для виміру тиснення і деформації (розтяжки) під тиском і об'єму тіста. Отримані точні дані по газоутворенню тіста [101].

Упровадження у технологію випуску хлібобулочних виробів підтверджує, що модернізація й корегування технологічного процесу, а також структурна зміна окремих етапів процесу замісу тіста не гарантує одержання значного економічного ефекту. Тобто можна зробити висновок, що спроби вдосконалювання процесу замісу тіста й випуску хліба без корінної зміни суті технологічного процесу не можна вважати ефективними.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТІСТОПРИГОТУВАННЯ

Знання основних законів і принципів перенесення енергії та маси надзвичайно важливі в аналізі практично всіх інженерних задач. Застосування енергозберігаючих технологій, високоефективного обладнання вимагає надання більшої уваги фізичним проблемам. Завдяки широкому впровадженню інформаційно-комп'ютерних технологій значна кількість задач може бути розв'язана [102]. Дослідження науки показують: фізичні явища не існують окремо. Закони тістоприготування пов'язані з фізикою, термодинамікою, механікою і т.д. У свою чергу, вони знаходять спільну мову, використовуючи математичні методи та інформаційні технології [103]. Особливість використання математичного апарату та аналізу, що дозволяє стисло і якісно викласти цілий ряд теорій та їх застосування при розгляді різноманітних питань, до методів постановки та розв'язання питань та застосування [104].

Метою роботи є зниження витрат енергії і часу в період замісу та бродіння тіста на основі створення системи тістоприготування.

Метою досліджень є оптимізація впливу місильного органа нової конструкції у робочій камері тістомісильної машини періодичної дії у період замісу й подальша специфіка бродіння тіста шляхом теоретичного обґрунтування й експериментального підтвердження. Особливе значення у роботі тістомісильної машини періодичної дії визначає конструкція місильного органа, метою якого є передача енергії в обертний рух й планетарне обертання в енергію замісу. З метою зниження енерговитрат під час замісу доцільно створити такі місильні органи, які у взаємодії з тістом утворювали б оптимальний зсув компонентів і формували потоки інгредієнтів по всьому об'єму діжі. Реалізація даного підходу представлена в табл. 2.1.

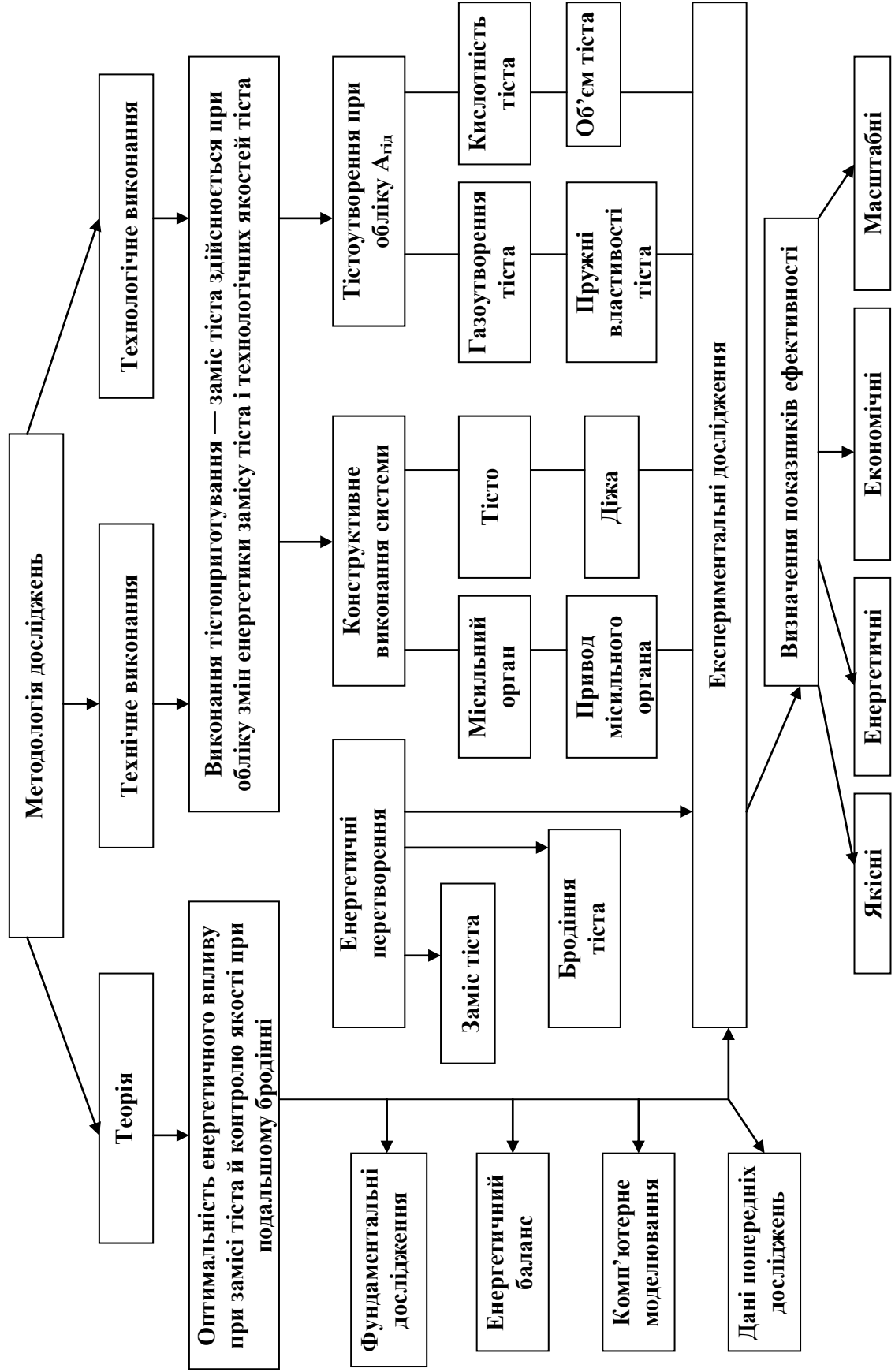
Доцільне поєднання характеру впливу в робочій камері місильного органа, його форми й місильної діжі, та забезпечення основних вимог процесу, визначення достатніх значень інтенсивності тривалості впливу й раціонального змішування. Оптимізувати вплив місильного органа в робочій камері тістомісильної машини під час замісу можна створенням найкращих за конфігурацією місильних органів, формуванням потоків змішування від взаємодії місильного органа, діжі й компонентів тіста в робочій камері.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані та вирішені такі завдання дослідження:

- уточнити енергетичний баланс тістомісильної машини;
- розробити рекомендації за розрахунком оптимального кута атаки лобової поверхні місильного органа тістомісильної машини і обґрунтувати конструктивне рішення промислового зразка;
- розробити систему тістоприготування і обґрунтувати її застосування;

Таблиця.2.1

Методологія досліджень енергетичного впливу на тісто при тістопріготуванні.



виконати експериментальну перевірку достовірності запропонованих теоретичних рівнянь;

здійснити заходи по впровадженню результатів досліджень у виробництво і оцінити техніко-економічну ефективність використання місильного органа тістомісильної машини.

2.1. Завдання дослідження замісу тіста в робочій камері тістомісильної машини періодичної дії

Перемішування застосовується для утворення тіста і є засобом для створення контакту між реагуючими масами рідини і твердими тілами. Потреба в замісі тіста виникає у виробництві всякий раз, коли вимагається інтенсифікувати процес тепло - або масообміну. Маса -, теплообмін, хімічні і біологічні процеси відіграють значну роль у тістоприготовуванні [102]. Найважливішими характеристиками тістомісильної машини є її ефективність і інтенсивність дії. Напрямки досліджень тістоприготовування представлені на рис. 2.1.

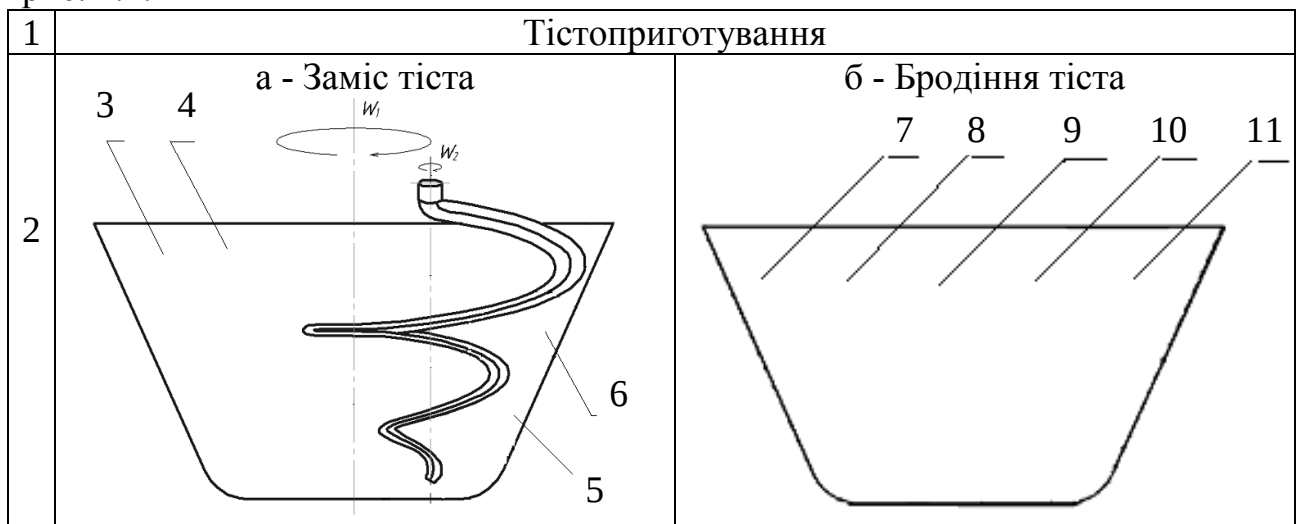


Рис.2.1. Напрямки досліджень тістоприготовування:

- 1 — вплив конструктивного виконання місильного органа в робочій камері тістомісильної машини періодичної дії;
- 2 — вдосконалення технології тістоприготовування — взаємозв'язок конструктивних й технологічних показників приготування тіста;
- а — заміс тіста: температурний режим (3); затрати потужності (4); вплив вологості тіста (5); вплив початкової температури води (6);
- б — бродіння тіста: кислотність тіста (7); упругі якості (розрив) тіста (8); виділення вуглекислого газу із тіста (9); збільшення об'єму тіста (10); підйомна сила тіста (11).

Реалізація напрямків досліджень тістоприготовування дає змогу комплексно оцінити якість проведення технологічного процесу. Ефективність тістомісильної машини характеризує якість проведення процесу перемішування і може бути виражена по-різному, залежно від мети

замісу тіста. Інтенсивність перемішування визначається метою досягнення заданого технологічного результату [54].

Основоположні стандарти сприяють взаєморозумінню, технічній єдності і взаємозв'язку діяльності в різних областях науки, техніки і виробництва [55]. При цьому треба враховувати специфіку методик системи тістоприготування (рис. 2.1, табл. 2.2). Вона опирається на метрологічне забезпечення, представлене в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Метрологічне забезпечення виробництва хліба “Таврійський п/с”

№ п / п	Стадії технологічного процесу	Одиниці виміру	Нормирована величина	Застосовані прилади	Межі похибки
1	Зважування муки.	кг.	50 ± 0,5	Технічні ваги РН-10Ц13У з точністю до 0,01 кг.	± 0,1 кг.
2	Контроль тривалості опари й тіста.	хв.	150-180	Настільний годинник.	±1 хв.
3	Визначення температури опари й тіста.	°C	23 - 26	Технічний термометр ТН-3 ДСТУ4-2001 зі шкалою 60 °C і точністю підрахунку до 1 °C.	± 1 °C.
4	Контроль тістових заготовок, маса.	кг.	0,6-0,7	Технічні ваги РН-10Ц13У з точністю до 0,01 кг.	± 5,0 гр.
5	Контроль щільності сольового розчину.		1,1 - 1,2	Ареометр АОН-2	± 1,0 гр.
6	Контроль температури пекарської камери.	°C	220 - 240	Технічний термометр ТН-3 ДСТУ4-2001 зі шкалою 250 °C і точністю підрахунку до 1 °C.	± 1 °C.
7	Контроль тривалості випічки	хв.	40-45	Настільний годинник.	±1 хв.
8	Маса хліба	кг.	0,6± 2,5%	Технічні ваги РН-10Ц13У з точністю до 0,01 кг.	± 5,0 гр.

Дане метрологічне забезпечення дає змогу контролювати процес виробництва хліба “Таврійський п/с”. Інтенсифікація замісу тіста передбачає додаткову механічну обробку. Після механічної дії на тісто білки і крохмаль швидше піддаються дії ферментів, процеси бродіння і дозрівання тіста

протікають більш інтенсивно [56]. У тістомісильних машинах градієнт швидкості у несхожих зонах має різні значення, тобто під час замісу тіста часто створюються умови для різкого змінення швидкості руху середовища в окремих місцях з утворенням застійних зон, де перемішування практично не відбувається. Тому ефективність замісу тіста забезпечується не лише введенням енергії у зону дії апаратів, а й примусовим розподілом уведеної кількості руху на весь об'єм тіста завдяки її циркуляції. Це потребує застосування місильних органів тістомісильних машин таких конструкцій, у яких все тісто періодично проходить через зони активного перемішування. Серед них набули поширення конструкції із складним просторовим рухом місильних органів [61].

2.2. Методи встановлення якісних показників тістоприготування

Приготування тіста — це найтриваліший і якісно-формуєчий етап технологічного процесу виробництва хліба [64]. Постійний і правильно організований контроль дає можливість стежити за якістю тіста, не допускаючи відхилень від фізико-хімічних норм, і дозволяє забезпечувати випуск продукції, що відповідає вимогам стандартів. При цьому треба враховувати, що будь-яка класифікація опирається на фізико-хімічні показники тіста, представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3.

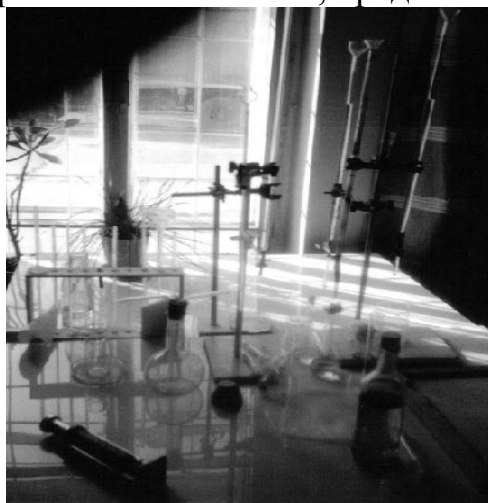
Фізико-хімічні показники хліба “Таврійський п/с”

№ п/п	Найменування показників.	Норми для хліба з муки 1 сорту.
Співвідношення частин сировини за масою на 100 кг. муки.		
1	Мука пшенична 1 сорт.	100 кг.
2	Дріжджі пресовані.	1,5 кг.
3	Дріжджі сухі імпорного виробництва.	Згідно інструкції за застосуванням.
4	Сіль.	1,3 кг.
5	Вода питна.	30,0 л. Додатково за розрахунком.
6	Олія рослинна для змащення форм.	0,3 кг.
Готові вироби		
7	Вологість %, не більше.	45
8	Кислотність м'якушки, не більше.	3,0
9	Пористість м'якушки, не менше.	70,0
Якісні показники 100 гр виробу		
10	Білки, гр.	8,24
11	Жири, гр.	0,9
12	Вуглеводи, гр.	55,12
13	Енергетична цінність, ккал	267

Основоположні стандарти сприяють взаєморозумінню, технічній єдності і взаємозв'язку діяльності в різних областях науки, техніки і виробництва [105]. Інтенсифікація замісу тіста передбачає додаткову механічну обробку. Після механічної дії на тісто білки і крохмаль швидше піддаються дії ферментів, процеси бродіння і дозрівання тіста спливають більш інтенсивно [67]. Технологічна цінність тіста визначається рядом фізико-хімічних показників. Як правило, цей набір показників включений у стандарти та інші нормативні документи на даний вид продукції, що дає уявлення про функціональні властивості тіста [69]. Всі види тіста можна класифікувати: за способом приготування і за структурою [71].

Приведені фізико-хімічні показники дають змогу контролювати якісні показники тіста. Основним показником якості тіста є пористість і розсипчастість. Структура тіста має велике значення для поліпшення його засвоєння і смакових якостей (табл. 2.1) [73,79]. Запропоновані методики дають можливість комплексно оцінити якісні показники хліба й хлібобулочних виробів. Проте, вони не дають змогу дати цінову оцінку процесу виробництва хліба, багато в чому зумовлену витратою енергії на тістоприготування.

2.2.1. Визначення кислотності тіста. Під час дозрівання тіста вимірювали зміни титрованої кислотності. Для встановлення величини титрованої кислотності й фізичних властивостей, визначення оптимального часу бродіння, щогодини із проміжками 0,5 год. брали проби тіста. Величину титрованої кислотності установлювали за допомогою приладів для виміру титрованої кислотності, представлених на рис. 2.2.



а



б

Рис.2.2. Прилади для виміру титрованої кислотності: а — штативи; б — реактиви.

Якість застосовуваного в дослідженнях борошна за вмістом клейковини, вологістю, кислотністю відповідає вимогам ДСТУ. Кислотність кожного навішування муки (K_M) у градусах кислотності визначають об'ємом

1 моль/дм³ розчину гідроокису натрію для нейтралізації кислоти в 100 г. муки за формулою

$$K_m = \frac{V \times 100}{m_1 \times 10} \text{ або } K_m = V \times 2, \quad (2.1)$$

де 1/10 — коефіцієнт перерахунку 0,1 моль/дм³ розчину лугу на 1 моль/дм³.

Комплекс приладів для виміру титрованої кислотності дає змогу точно визначити потрібні показники. Титровану кислотність визначали прискореним способом, титруванням 0,1н. розчину їдкого натрію за наявності фенолфталеїну за методикою, наведеною в інструкції до приладу. Готова продукція і хліб характеризуються такими показниками: питомий об'єм і пористість хліба, титрована кислотність і вологість м'якушки, органолептичні показники.

2.2.2. Визначення вологості тіста після замішування та бродіння

Під час бродіння тіста вимірювали температуру й вологість. Паралельно для експериментального випікання відбирали тісто, що вистоювалося у формовому зразку в термостаті при температурі 32 — 36 °С, до готовності у вистоювальному просторі, де підтримувалася необхідна температура й вологість. З використанням приладу ВНІХП-4 (сушильна електрошафа з терморегулятором Чижової) визначалася вологість, рис. 2.3. [107].



а



б

Рис.2.3. ВНІХП-4 (сушильна електрошафа з терморегулятором Чижової): а — під час досліджень; б — з відкритими дверцятами.

Вологість муки (W_m) у відсотках обчислюють за формулою

$$W_m = \frac{100(m_3 - m_2)}{m_3}. \quad (2.2)$$

Після замісу тісто вмістили в термостат на період бродіння при температурі 32 °С, при цьому тісто обминали щогодини. Використовувався розрахунок і аналіз показників тістоприготування. Відповідно до вимог

стандартів визначали основні фізико-хімічні показники хлібобулочної продукції: пористість, вологість, кислотність, органолептичні показники й питомий об'єм. Стандартним методом визначали вологість хліба відповідно до ДСТУ. При цьому використовували наважки по 5 г. Зважували на аналітичних вагах ВЛА-200т-М з точністю до 0,001 кг. Висушували наважки у ВНІХП-4 (сушильний електрошафі з терморегулятором Чижової). Застосовувалися засоби зважування, представлені на рис. 2.4.



а



б

Рис.2.4. Засоби зважування: а — технічні ваги РН-10Ц13У з точністю до 0,01 кг; б — аналітичні ваги ВЛА-200т-М з точністю до 0,001 кг.

Приведені засоби зважування дають змогу повноцінно провести метрологічне забезпечення технологічного процесу. Визначення вологості тіста дає змогу приблизитися до визначення якості сировини та напівфабрикатів.

2.2.3. Визначення якості сировини та напівфабрикатів. Методи контролю якості готових виробів для оцінки якості виробів, що випускаються підприємством, використовують стандартні методи. Для більш повної і об'єктивної оцінки виробів, зокрема, при проведенні науково-дослідних робіт, застосовують додаткові методи. Якість виробів встановлювалася в кожній партії на підставі лабораторного аналізу [71]. Співвідношення якісних і кількісних показників вихідних компонентів багато в чому визначає технологію замісу тіста, варіювання параметрів тіста під час обробки.

Застосовувана сировина й напівфабрикати відповідали вимогам ДСТУ:

- борошно пшеничне хлібопекарське першого гатунку;
- дріжджі сухі імпортного виробництва, дріжджі хлібопекарські пресовані;
- сіль кухонна харчова;
- вода питна;
- олія [для змащення форм].

Якість застосовуваного в дослідженнях борошна за вмістом клейковини, вологістю, кислотністю відповідає вимогам [107]. Якість борошна визначали за такими показниками: вологість, клейковина (якість і кількість), автолітична активність і газоутворення.

Кількість сирої клейковини (K_K) у відсотках обчислюється за формулою

$$K_K = \frac{m_K \times 100}{m_H}. \quad (2.3)$$

Експериментальну перевірку якості дріжджів пресованих проводили у відповідності з вимогами ДСТУ щодо тривалості підймання тіста, й методом “кульки” щодо підйомної сили. Температуру напівфабрикатів вимірювали технічним термометром ТН-3 ДСТУ4-2001 зі шкалою 60 °С і точністю підрахунку до 1°С [71]. Однорідність тіста оцінювали позиційним профілактометром УРЛ-Модуль1 за методикою, наведеною в інструкції до приладу, рис. 2.5.



а



б

Рис.2.5. Позиційний профілактометр УРЛ-Модуль1: а — вид спереду; б — вид збоку.

Вміст сирої клейковини, виражений у відсотках до маси початкового продукту (B_K), визначається за формулою

$$B_K = \frac{m_K \times 100}{10} = 10m_K. \quad (2.4)$$

Дріжджі й сіль зважували на аналітичних вагах ВЛА-200т-М з точністю до 0,001 кг., борошно й воду — на технічних вагах РН-10Ц13У з точністю до 0,01 кг. Розтяжність сирої клейковини тіста оцінювали за лінійкою ДСТУ 427-05. Температуру тіста під час замісу контролювали технічним термометром ТН-3 ДСТУ 4-2001 зі шкалою 60 °С і точністю підрахунку до 1 °С [106]. Якість тіста контролювали за такими показниками: технологічні показники (прилад ІДК-1, рис.2.6.), газоутворювальна здатність (прилад АГ-1 або прилад Яго-Островського).

Кількість водорозчинних речовин у муці (BP_K) в перерахунку на суху речовину у відсотках обчислюється за формулою

$$BP_K = \frac{K_c \times 100}{(100 - W_m)} \quad (2.5)$$



а



б

Рис.2.6. Прилад ІДК-1: а — вид спереду; б — вид зверху.

З використанням приладу ВПХП-4 (сушильна електрошафа з терморегулятором Чижової) визначалася вологість, підйомна сила за методом “кульки”, титрована кислотність — прискореним методом титруванням 0,1 н. розчину їдкого натрію за наявності фенолфталеїну. Визначені показники якості сировини та напівфабрикатів дають змогу наблизитися до визначення якості готових виробів.

2.2.4. Визначення якості готових виробів. Готова продукція, хліб і хлібобулочні вироби характеризуються такими показниками: питомий об'єм і пористість хліба, титрована кислотність і вологість м'якушки, органолептичні показники. За допомогою приладу Журавльова, рис. 2.7, визначали пористість хліба стандартним методом [71].

Пористість, аромат і смак хліба оцінювали шляхом дегустації за методикою. Характеристика та оцінка якісних показників хліба “Таврійський п/с” приведена в табл. 2.4.

Відповідно до вимог стандартів визначали основні фізико-хімічні показники хлібобулочної продукції: пористість, вологість, кислотність, органолептичні показники й питомий об'єм [107]. Виміри проводилися через 15-18 год. після виробництва хліба згідно із загальноприйнятою методикою за ДСТУ 1317-2006.



а



б

Рис.2.7. Прилад Журавльова: а — вид спереду; б — вид збоку.

Відповідно до вимог стандартів визначали основні фізико-хімічні показники хлібобулочної продукції: пористість, вологість, кислотність, органолептичні показники й питомий об'єм [107]. Пористість обчислюють у відсотках за формулою

$$\Pi = \frac{V_x - m_b / \rho_m}{V_x} 100 \quad (2.6)$$

Таблиця 2.4

Органолептичні показники хліба “Таврійський п/с”

№ п/п	Найменування показників.	Характеристика.
1	Зовнішній вид.	
2	Форма.	Відповідає хлібній формі, в котрій відбувалась випічка.
3	Поверхня.	Рівна, без тріщин і поривів.
4	Колір.	Від світло-жовтого до коричневого.
5	Стан м'якушки.	Пропечений, не вологий на дотик.
6	Пропеченість.	Еластичний, після легкого продавлювання пальцями м'якушка повинна приймати попередню форму.
7	Заміс.	Без комків і слідів непромісу.
8	Пористість.	Розвинута, без пустот і ущільнень, не допускається відслоєння від м'якушки.
9	Смак.	Властивий даному виду виробу, без стороннього присмаку.
10	Запах.	Властивий даному виду виробу, без стороннього запаху.

Стандартним методом визначали вологість хліба відповідно до ДСТУ. При цьому використовували наважки по 5 г. Зважували на технічних вагах РН-10Ц13У з точністю до 0,01 кг. Висушували наважки в ВНІХП-4 (сушильна електрошафа з терморегулятором Чижової). Визначення якісних показників готової продукції не дає змоги комплексно оцінити переваги нововведень. Для досягнення цієї мети необхідна оцінка енергетичних характеристик замісу тіста.

2.2.5. Методи встановлення енергетичних характеристик замісу тіста. Якість замісу тіста в кожному періоді замісу визначається, з одного боку, структуроутворенням, з іншого — технологічністю, енерговитратами й ефективністю. Вона визначається конструкцією місильних органів тістомісильної машини періодичної дії й питомою роботою. Достовірних значень енерговитрат можна досягти й визначити шляхом застосування науково обґрунтованих методик їхнього виміру. Нами проведено огляд існуючих методик виміру енерговитрат у процесі тістоприготування, що дає

можливість розробити методику цих вимірів. Методика визначення енерговитрат ґрунтується на безперервній реєстрації витрат потужності під час тістоприготування залежно від характеристики рецептури тіста й часу його замісу. При цьому фіксувалася температура тіста. Затрачувана потужність на перемішування вимірювалась за допомогою приладів: амперметр Е-30, вольтметр В-7-26. Схема системи вимірювання потужності, що витрачається на перемішування, визначена на рис. 2.8.

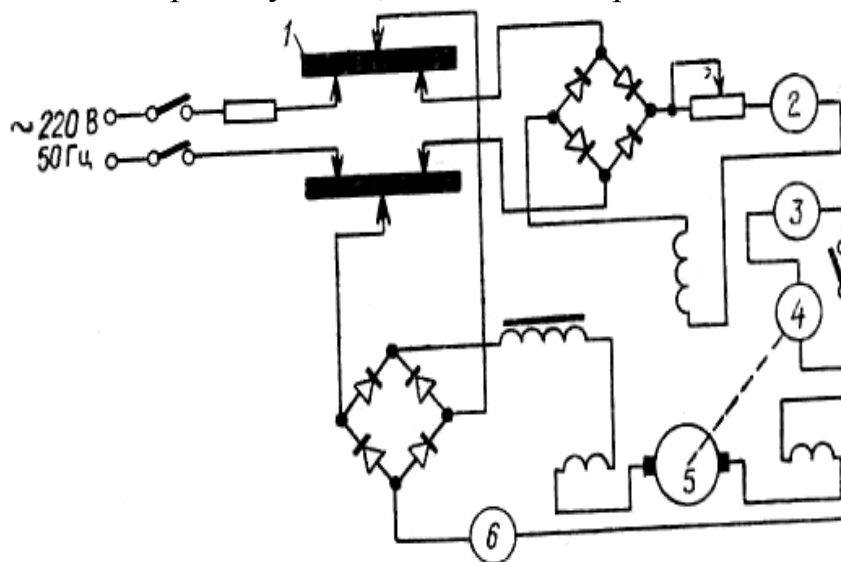


Рис.2.8. Електрична схема встановлення енергетичних характеристик замісу тіста: 1 — автотрансформатор; 2,3,6 — амперметр; 4 — генератор; 5 — електродвигун [66].

В аналізі зростання інтенсивності замісу тіста використано раніше проведені дослідження впливу місильного органа на тісто. Споживання енергії під час замісу тіста є визначальним вартості виготовленої продукції (табл. 2.1). Отримані експериментальні дані стали основою для подальших теоретичних досліджень, що дають можливість визначити спрямованість наукових досліджень. Наявний обсяг числових значень легко аналізувати за допомогою комп'ютерного моделювання.

2.3. Методика статистичної обробки результатів дослідження

При обробці великого масиву чисельних даних перед дослідником виникають труднощі у визначенні закономірностей досліджуваних явищ. Для вирішення подібних проблем застосовують методи, в цілому описувані математичною статистикою. Одним з перших завдань, розв'язуваних цією системою наукових знань, є емпіричний розподіл ймовірностей [108]. Під час проведення серії експериментів з дослідження процесів замісу тіста й визначення конструктивних оптимальних параметрів застосовуються методи планування й обробки даних дослідів, що дають високу точність результатів і можливість визначення області пошуку оптимальних рішень, заощаджують

час, кошти й сировину для проведення наукових досліджень. Це дає можливість уникнути виконання непотрібних, незручних і громіздких режимів установа достатньої структури вирішення поставленого завдання [109]. У табл.2.5. представлені рівні варіювання факторів при експериментальному дослідженні місильного органа.

Таблиця 2.5

Рівні варіювання факторів при експериментальному дослідженні

Фактор		Рівні варіювання			Інтервали варіювання
		-1	0	+1	
X_1	α , град	1,606	1,571	1,536	0,035
X_2	D , мм	0,025	0,03	0,035	0,005
X_3	S_1 , м ²	0,09	0,092	0,094	0,002

Даний підхід у вивченні впливу факторів місильного органа при експериментальному дослідженні дає змогу повноцінно визначити пошук режимів, що забезпечують ефективність технологічного процесу утворення тіста. Слід визначити чисельні значення режимів тістоприготування залежно від вихідної рецептури й режимів механічного впливу на тісто. Для визначення сектора оптимальних рішень використовується математичне моделювання режиму разом із теорією планування багатофакторного експерименту. Був застосований план ротатбельного центрального композиційного планування, що дозволяє отримати лінійні регресійні моделі, які містять додатково деякі взаємодії факторів при меншому числі спостережень у порівнянні з (ПФЕ). Подібна економія досягається за рахунок певної додаткової інформації про властивості об'єкту, що вивчається. Ця інформація зрештою повинна бути сформульована у вигляді списку змінних чинників і їх взаємодій, що являють собою інтерес для подальшого дослідження, або, як часто говорять, у вигляді списку істотних змінних [110].

За методом багатофакторного експерименту складено рівняння регресії для трифакторного експерименту:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (2.7)$$

$$\text{де } \bar{Y}_u = \frac{1}{m_u} \sum_{u=1}^{m_u} Y_{uk} \text{ — середня оцінка результатів досліджень;}$$

m_u — число повторень u -го досліджу;

x_1, x_2, x_3 — фактори, що впливають на вихідний процес.

Кількість точок (дослідів) повнофакторного експерименту $N_\phi = 8$. У табл. 2.6. приведена матриця ротатбельного центрального композиційного планування.

Застосування матриці ротатбельного центрального композиційного планування дає змогу при трьох факторах отримати максимальну точність опису експерименту.

Застосована оцінка вибілковими розподілами, що пов'язані з точковими оцінками:

— розподіл вибіркового середнього при відомій дисперсії. Якщо випадкова величина X підкоряється нормальному розподілу, то її можна охарактеризувати

Таблиця 2.6

Матриця ротабельного центрального композиційного планування

N	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$	X_1^2	X_2^2	X_3^2	$A_{уд}$
1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	19,69
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	20,67
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	20,68
4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	21,88
5	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	20,52
6	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	20,52
7	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	26
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	26,41

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i, \quad (2.8)$$

де N — фіксований об'єм вибіркового розподілу.

Випадкова величина с параметрами m_x і σ_x^2 має нормальний вибіркового розподіл с параметрами m_x і σ_x^2/N .

— вибіркового розподілу оцінки дисперсії

$$\chi^2 = (X_1^*)^2 + (X_2^*)^2 + \dots + (X_v^*)^2, \quad (2.9)$$

де i — незалежні нормовані, нормально розподілені випадкові величини з математичним очікуванням $m_{X^*} = 0$ і дисперсією $= 1$.

t — розподіл Стюдента. Розподіл вибіркового середнього у разі невідомої дисперсії з n ступенями свободи

$$t_v = U / \sqrt{\chi_v^2 / v}, \quad (2.10)$$

де U — нормована незалежна нормальна випадкова величина;

χ_v^2 — випадкова незалежна величина;

v — ступінів свободи.

Після одержання рівняння перевіряємо значення коефіцієнтів, що визначають довірчу помилку, яка розраховується за критерієм Стюдента.

Якщо значення критерію Стюдента більше значення коефіцієнтів, які входять у рівняння, то ці коефіцієнти вилучають із рівняння.

F — розподіл, розподіл двох вибірових дисперсій (або F — розподіл Фішера). Розподіл підкоряється відношенню

$$F_{v_1, v_2} = \frac{\chi_{v_1}^2}{v_1} / \frac{\chi_{v_2}^2}{v_2}, \quad (2.11)$$

де, $\chi_{v_2}^2$ — дві незалежні випадкові величини, що мають χ^2 - розподіл з числом ступенів свободи v_1 і v_2 відповідно.

Тому в цьому разі виникає необхідність статистичної перевірки рівняння на адекватність. Вона здійснюється за критерієм Фішера. Отримані значення коефіцієнта за критерієм Фішера порівнюються з табличними даними. Якщо значення коефіцієнта за таблицями Фішера при його отриманій імовірності буде вище розрахункового, можна одержане рівняння вважати адекватним експериментальним даним.

Енергетичний аналіз роботи тістомісильної машини виявляє причини невиробничих втрат, зниження їх величини і обґрунтовування раціональних конструктивних рішень робочого процесу замісу тіста. Вдосконалення конструкції і робочого процесу тістомісильної машини проводили в напрямі збільшення частки витрат корисної роботи [111]. Результати досліджень при визначенні оптимальних параметрів тістоприготування проводили для місильного органа нової конструкції.

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТІСТОПРИГОТУВАННЯ

В основу досліджень покладено напрацювання: фундаментальні закони і теорії Стренга Ф, Ауермана Л.Я., Єйриха Ф., Седова Л.І., Лісовенка О.Т., Зайцева Н.В. Застосовано програми: Microsoft Excel-2003, Maple-8, COSMOSWorks 2007, SolidWorks 2007. Дослідження проводилися на базі розгляду змін основних характеристик тістоприготування. Був застосований метод графічного аналізу [112,113].

Основи теорії тістоприготування розроблялися и моделювалися з використанням:

- фундаментальних досліджень харчових наук;
- енергетичного балансу;
- експериментальних значень параметрів процесу замісу тіста й бродіння тіста, отриманих у попередніх дослідженнях,
- наших теоретичних передумов.

Математична модель описує властивий вид взаємодії місильних органів тістомісильних машин з тістом, а також вплив цих контактів на фізичні параметри тіста. На підставі теорій та експериментальних даних моделювання процесів замісу тіста виникла можливість побудувати систему теоретичних поглядів, що максимально близько описують зміни, що проходять у тісті в період замісу.

Базою для вивчення технологічних змін, що відбуваються у період замісу тіста, було взято тристадійну модель замісу тіста [69]. Вище вивчалися основні підходи до обґрунтування різних моделей стану тіста, а в подальшому — їхньої аргументації.

3.1. Основні підходи до аналізу тристадійної моделі замісу тіста



Рис.3.1. Аналіз тристадійної моделі замісу тіста:

I — механічний заміс компонентів;

II — закінчення дифузійної взаємодії сухих компонентів і рідини;

III — структурування, утворення білкового каркасу і характеристик тіста.

3.1.1. Механічне перемішування компонентів — перша стадія процесу замісу тіста. У цілому цю стадію можна розглядати як процес утворення механічної суміші з урахуванням насичення киснем вихідних компонентів тіста, досягнення рівномірності концентрації складових по всьому об'єму.

Відповідно перший період замісу необхідно здійснювати з великою інтенсивністю, тому що тільки в цьому разі можливе досягнення ефекту рівномірного перемішування вихідних компонентів: солі, дріжджів, борошна, води, повітря й рецептурних добавок. При цьому слід забезпечити мінімальні витрати енергії на створення однорідної суміші з досить рівномірним розподілом по всьому промішуванню об'єму концентрації твердих компонентів у рідкій фазі. При цьому треба враховувати, що найефективніше змішуються порошкоподібні тверді речовини й рідини на поверхні контакту фаз.

Досягнутий рівномірний стан суміші нестійкий. За малої швидкості проходження стадії замісу тіста технологічна операція буде супроводжуватися швидким зростом когезійних процесів, що призводить до осмотичного набрякання частин борошна, а це гальмує процес утворення тіста. Даний ефект пояснюється зміною величини сили тертя між частинками борошна через появу вихрового характеру перемішування частинок (компонентів тіста), що й призводить до збільшення енергетики процесу замісу. У цей час рідина поглинається твердими частинками, що приводить до збільшення кількості вологи між частинками й підвищення вологості вихідних компонентів. Дифузія інгредієнтів суміші спочатку неоднорідної системи сприяє виникненню незворотних процесів на поверхні контакту вихідних компонентів.

Зміна характеристик компонентів суміші в зоні суміжного шару приводить до планомірного перебігу процесу перемішування маси й одержання стабільних параметрів стану тістоприготування. Установлено вплив вологості борошна на процес перемішування маси. Аерація системи сприяє збільшенню швидкості обмінних процесів, що в цілому відображається на насиченні киснем розчину тістових компонентів, сприятливо позначається на нормалізації газопроникності й газообміну в середовищі тіста. При цьому насичення тіста киснем приводить до інтенсивного процесу каталізу окислювання, що проходить за місильним органом, що сприяє турбулентному плину суміші, забезпечуючи характерний вид змішування компонентів. Турбулентне переміщення інгредієнтів створює можливість руху частинок елементів суміші, що відірвалися від місильного органа.

Зміна агрегатних станів: солі, дріжджів, борошна, рецептурних добавок, води й повітря приводить до якісної зміни цих речовин. У цілому першу стадію тістоприготування можна характеризувати як період активних сорбційних процесів. Абсорбційні взаємодії відбуваються у всьому перемішуваному об'ємі. При цьому адсорбційні процеси інтенсивніше проходять на поверхні суміші. У повільного перемішування виникають десорбційні процеси, що приводять до поділу компонентів. За даними дослідників, процеси в період замісу проходять подібно, що підтверджують і наші дослідження.

Отже, на першій стадії замісу закладається початок формування необхідної структури тіста із заданими властивостями. Місильний орган,

взаємодіючи із сумішшю, викликає перебіг ряду специфічних процесів. На цьому етапі величезну роль відіграють мікробіологічні, біохімічні, фізичні й колоїдні реакції, що відбуваються у тісті залежно від типу застосовуваного місильного органа. Інтенсивність мікробіологічних процесів залежить від дріжджів і кислотоутворювальних бактерій борошна. Проте у перший період замісу тіста вони істотно не впливають на хід тістоприготування. За дослідженнями, на даній стадії борошно адсорбційно зв'язує воду. Частинки контактують не тільки на поверхні, а й у повному об'ємі. Під час набрякання відбувається екзотермічний процес.

Надалі під час замісу тіста суміш захоплює й утримує (оклюзія) бульбашки повітря. Частина бульбашок має вигляд емульсії газу в рідкій фазі суміші, а інша — в набухлих білках суміші у вигляді газових бульбашок. Збільшення поглинання об'єму води активізує дії ферментів, що в цілому визначає процеси набухання й пептизації білків і розрідження суміші. Наявність солі змінює швидкість перебігу реакцій дріжджів і фізичні властивості клейковини й суміші, що в цілому надалі впливає на смакові параметри хліба. Тобто внесення солі в тісто й опару технологічно доцільне. Крім того, при цьому зменшується піноутворення, спочатку збільшуючи й надалі стабілізуючи піднімальну силу дріжджів.

Рецептурні добавки допомагають одержати тісто з необхідними фізичними властивостями. Їх введення у тісто зумовлюється потребою одержання специфічних видів хлібобулочної продукції. Більшою мірою їх роль відіграється у разі додавання цукру й жиру. Цукор визначає поглинання білками борошна води. І ці властивості виявляються на початку формування структури тіста. Від вмісту цукру також залежить швидкість набухання крохмалю й білків борошна. Завдяки цим властивостям цукор є добрим пластифікатором. Жири, що містяться у тісті, визначають усмоктування колоїдами борошна води. Реагуючи з білками й крохмалем, вони утрудняють доступ рідкої фракції до колоїдних частинок, що забезпечує збільшення пластичності й зниження в'язкості.

Тісто після першої стадії замісу можна охарактеризувати як складну дисперсну систему, що складається з рідкої, твердої й газоподібної фаз. Ступінь однорідності отриманої маси тіста описує ефективність проходження тістоведення. Проте короткий часовий проміжок даної стадії не дає інгредієнтам вступити в стійкі реакції. Як показують дослідження, подальші етапи розвитку тістової структури, закладені в другій стадії замісу, зумовлюють фізичні властивості тіста.

3.1.2. Особливості протікання другої стадії замісу тіста. Особливістю другої стадії є закінчення дифузійної взаємодії сухих компонентів і рідини, рівномірне перемішування й утворення тіста. У початковий період стадії тісто є трифазним середовищем, що складається з рідкої, твердої й газоподібної фаз. У свою чергу, тверда фаза на даному етапі поділяється на крохмаль, розчинні солі, білки й вуглеводи, нерозчинні білки й вуглеводи. Цей розподіл залежить від характеру взаємодії з рідиною й її

реакції на вплив місильного органа. У кінцевій фазі замісу прореаговані компоненти являють собою набухле тісто й повітря.

Друга стадія замісу зумовлюється характерним типом взаємодії вихідних компонентів. Ці процеси можна проілюструвати в такий спосіб: на початковому етапі рідка й тверда фази взаємодіють за типом гідролітичних реакцій. Вони зумовлені гідрофільними й гідрофобними видами контакту, що приводять ці процеси до росту когезійних і адгезійних властивостей тіста. При цьому взаємодія частинок борошна з водою приводить до збільшення об'єму набухлої маси й на даному етапі є позитивним ефектом.

Концентрація компонентів прагне до однорідного рівня по всьому об'єму перемішуваної маси. Деформаційні впливи, що виникають від контакту тіста з місильним органом, сприяють прискоренню дифузійних процесів. Гідратація розчинних складових зумовлюється сорбційними процесами. Для розчинних компонентів характерний абсорбційний тип реакцій. Для нерозчинних інгредієнтів властивий вид адсорбційної взаємодії. Для крохмалю типове хемосорбційне сполучення. Відбувається ріст в'язкісних і релаксаційних характеристик, скорочення плинності й стискальності структури, що утворилася.

Деформаційні процеси на цьому етапі вже здійснюються завдяки зрушенню, стиску й розтягу тіста, спричиняючи ріст енергоспоживання через збільшення в'язкопружності, внутрішнього тертя між частинками тіста перемішуваного об'єму. Розчинення інгредієнтів приводить до утворення клейковинного скелета, що збільшує об'єм суміші. Як показано в дослідженнях, околюзійний тип реакцій доводить компоненти до інтенсивного поглинання повітря і тісто активно зв'язує газоподібні складові. Частинки борошна в результаті дифузії води потрапляють усередину компонента, осмотично набухають без виділення тепла. Процес змочування й поглинання рідкої фракції (збільшення об'єму від початкового) розподіляється між білками в такий спосіб: альбумін, глобулін — без обмежень, глютерин і глегадин до 200 %. Особливістю білків клейковини є великий розбіг у складових системи з різною молекулярною масою й різною здатністю водопоглинання.

Сіль на даному етапі перебуває у вигляді розчину. Вона впливає на здійснюваний процес замісу і його енергоємність, а також на стійкість фізичних властивостей тіста і його консистенцію. Консистенція залежить від рівня концентрації солі на даний момент. При цьому варто враховувати те, що вона помітно впливає на консистенцію тіста. Збільшення еластичності тіста під впливом солі уже стає граничним на даному етапі. Слід зазначити, що максимальне її збільшення прямо залежить від кількості солі, уведеної в тісто. Нерозчинні у воді білки й вуглеводи утворюють клейковину (гліадин і глютеїн). У процесі замісу тіста вони приєднують рідину осмотично й поверхово. Осмотичне набухання молекул білка відбувається внаслідок дифузії води. Реакція гідратації приводить до набухання білків. Клейковина набухає й утримує рідку фазу в об'ємі, що перевищує первісний об'єм у 2 — 2,5 рази.

Як показали дослідження, у цей момент замісу тісто являє собою дисперсну систему, утворену твердою, рідкою й газоподібною фазами. Співвідношення цих складових визначає фізичні властивості тіста. Тверда фаза представлена набухлими нерозчинними у воді білками, зернами крохмалю й частинками оболонок, які надалі надають тісту пластичності. Компонентами рідкої фази є вода, не зв'язана адсорбційно, водорозчинні речовини органічного й мінерального походження, набухлі пентозани (слизи) борошна, вільна в'язка рідина. У цей період загальна кількість рідких компонентів може досягати 47 % об'єму тіста. Основна частина на даному етапі рідкої фази тіста осмотично зв'язана білками. Газоподібна фаза складається з бульбашок повітря, захопленого й утримуваного тістом (околюзії), бульбашок вуглекислого газу, виділеного дріжджами у процесі шумування, приблизно 10 % загального об'єму. Цей склад газоподібної фази відіграє визначальну роль у появі наступної пористості м'якушки хліба, при цьому вона розподілена в такий спосіб: газові бульбашки, що містяться у білках тіста, емульсія газу в рідкій фазі тіста. На цьому другому етапі процес тістоприготування закінчується, але для підвищення якості тіста необхідно провести його пластифікацію.

3.1.3. Пластифікація тіста — третя стадія замісу тіста. Третя стадія замісу тіста, пластифікація, — характеризується утворенням білкового каркаса тіста, структуроутворенням, виникненням і розвитком формоутримувальних і газоутримувальних характеристик тіста.

На цьому етапі процесу замісу тіста тістова маса, що надійшла, й повітря піддаються посиленій механічній обробці, забезпечуючи інтенсивне поглинання повітря усім об'ємом тіста. У цьому разі процеси околюзії подібні абсорбційним. Проте околюзована газова суміш реагує з тістом й повністю поглинається ним. Поглинене повітря, а саме його частина — кисень, інтенсифікує процеси окиснювання у тісті. Відбувається швидке поглинання газової фази структурними компонентами тіста, яке забезпечує утворення у тісті інтермолярних зв'язків, що приводять до появи молекул гігантів. Цей ефект досягається завдяки структурі компонентів, що забезпечують ріст концентрації полімерних зв'язків.

Як показали дослідження, у цій фазі підвищується температура й вологість тіста. Структурні складові характеризуються однаковим хімічним складом, що утворює просторове розміщення й форму зерен. У результаті підвищення температури й вологості відбувається структурне зміцнення тіста, що забезпечує одержання заданих формоутримувальних властивостей. Структурна в'язкість пояснюється виникненням композиції тістових елементів, які за властивостями відповідають готовому тісту. Цей процес багато в чому визначається інтенсивністю впливу місильного органа. Затрачувана робота витрачається на подолання в'язкопружності, ударної в'язкості, руйнування наявних з'єднань і завдання напрямку переорієнтації молекул у потоці за місильним органом.

Інтенсивна механічна обробка тіста необхідна для створення умов розпаду макромолекул клейковини, клейковинного скелета, появи клейковинних плівок і стабілізації структури тіста та її роздроблення. На даному етапі особливу роль відіграють технічні характеристики й параметри місильного органу. Для одержання тіста рівномірної консистенції необхідно забезпечити робочому органу режим відривного плину, тому що в цьому разі в суміжному шарі відбуваються процеси розтягу — стиску й зрушення макромолекул. Як показали дослідження, за робочим органом утворюється приєднувальний вихор, що впливає на інтенсивність тістоприготування й сприяє прискореному тістоприготуванню. Проте швидкість перебігу процесів пластифікації зумовлюється не тільки характером механічного впливу місильного органу, а й можливістю утворення за цієї умови нових білкових структур.

На цьому етапі пластифікації тіста білки клейковини утворюють губчатий “каркас”, властивості якого більшою мірою визначають основні фізичні характеристики тіста: розтяжність і пружність. Крім цього, в даний період макромолекули клейковини зазнають внутрішніх і зовнішніх змін. Частинки поліпептидів збільшуються в об’ємі, що приводить до зміни форми й складу білків і появи клейковинних плівок. При цьому відбувається інтенсифікація процесів взаємодії по всьому об’єму. У результаті виникають молекули-гіганти з молярною масою до ста тисяч. Ліпіди визначають місця контакту колоїдних частинок борошна, послабляючи їх взаємодію й знижуючи інтенсивність процесу проникнення вологи, що значно впливає на зниження еластичності й збільшення пластичності тіста. Якісний склад й об’єм ліпідів вагомо змінює механізм та ефект пластифікації. Під час замісу частинки ліпідів рівномірно розподіляються в об’ємі тіста у вигляді найтонших плівок, що істотно впливає на процес утворення пористої структури тіста.

У цей період компоненти тіста перебувають під впливом ферментів борошна й продуктів, отриманих від реакцій із дріжджами й кислотоутворювальними бактеріями тіста. Під час інтенсивного замісу вплив гідравлічних ферментів спрямований на зниження консистенції тіста, а за інтенсивністю швидкості реакцій вони часом випереджають набухання частинок борошна. Виділене тепло посилює вплив ферментів. Структурні компоненти борошна потрапляють під вплив ферментів пентозанази. Ефективний вплив на дію ферментів чинить кислотність тіста. Незважаючи на їх незначну масу в борошні, вони відіграють важливу роль у біохімічних процесах тістоприготування.

Збільшення кількості мікроорганізмів позначається на зміні кислотності тіста, наступному бродінні й структуроутворенні. У свою чергу на життєдіяльність мікроорганізмів впливають об’єм цукру й жиру в тісті. Процеси, що відбуваються під їх впливом, не завершуються по закінченні замісу тіста, а тривають у період розшарування тіста. Групі каротиноїдів приділяється помітна естетична роль — вони надають хлібобулочним виробам привабливий бурштиново-жовтий колір. У загальному об’ємі

борошна вони займають досить малу частку. При цьому їх структурний склад такий: каротин, ксантофіл, ефіри ксантофілу. На частку ксантофілу припадає 90 %, а на частку його ефірів і каротину — по 5 % на кожний склад каротиноїдних пігментів. Найактивніші з них — каротин, провітамін А.

У даний період замісу відбувається процес гідротермічної деструкції: розрив полісахаридних ланцюжків, перетворення крохмальних зерен у загальну гелеподібну драглеподібну масу зі збільшеним поглинанням води. Як показали дослідження, крохмаль — високомолекулярний полімер, що містить два типи полісахаридів: амілазу й амілопектин. На його частку припадає чотири п'ятих сухої речовини борошна. У пшеничному крохмалі амілози 24 % і амілопектину 76 % (у середньому). У результаті інтенсивної механічної обробки його структура стає основною характеристикою готового тіста.

Розглянутий матеріал дає можливість визначити роль і вплив інтенсифікації процесу замісу тіста на зміну фізичних, біохімічних і мікробіологічних його процесів, що в кінцевому підсумку підтверджується дослідженнями тристадійної моделі замісу тіста. Викладені підходи процесу тістоприготування дають змогу представити процеси, що проходять, математичними залежностями. Вони характеризують складний процес тістоприготування, що повинен бути відображений у вигляді математичної моделі стану тіста в процесі його утворення.

3.2. Ключові підходи до розроблення енергетичних перетворень тістоприготування

Основою для математичної моделі є фізична модель, що описує характерні процеси, що проходять у робочій місткості тістомісильної машини під час замісу тіста. При цьому враховувалися основні дані вихідних компонентів, процесів тістоприготування, фізичні зміни структурних складових, вимоги, що ставляться до кінцевої продукції, з однієї сторони, й енергетики замісу, геометрії місильного органа й технічної можливості тістомісильної машини — з іншої. Математична модель складається з системи формалізованих і логічних рівнянь, що описують кількісні та якісні зміни в ході тістоприготування, енергетику процесу взаємодії фаз і т.ін. Розроблювана математична модель повинна враховувати умови, за яких відбувається процес замісу тіста. Як зазначалося у першому розділі, в умовах невеликих виробництв раціональними є тістомісильні машини періодичної дії з місильним органом і кінцевою діжею (рис.3.2).

У тістомісильних машинах періодичної дії найчастіше використовується спіралеподібний місильний орган, форма й профіль якого істотно впливають на процес тістоприготування, що підтверджують проведені раніше дослідження. Дослідимо процес взаємодії місильного органа нової конструкції з тістом. Для цього на поверхні спіралі місильного органа нової конструкції виділимо елементарну площадку.

Елементарна площадка dX (рис.3.2) місильного органа розміщена на поверхні спіралі під кутом β до траєкторії руху. У цей період зсув тіста відбувається у суміжному шарі навколо місильного органа й позаду нього. Елементарна площадка робить обертовий рух навколо вісі симетрії спіралі місильного органа й щодо поверхні діжі. При цьому вона виконує роботу, що витрачається на змішування тіста, пересування місильного органа тістомісильної машини, збільшення температурного режиму пермішуваного тіста і контактуючих з нею металевих частин тістомісильної машини, видозміни композиції тіста.

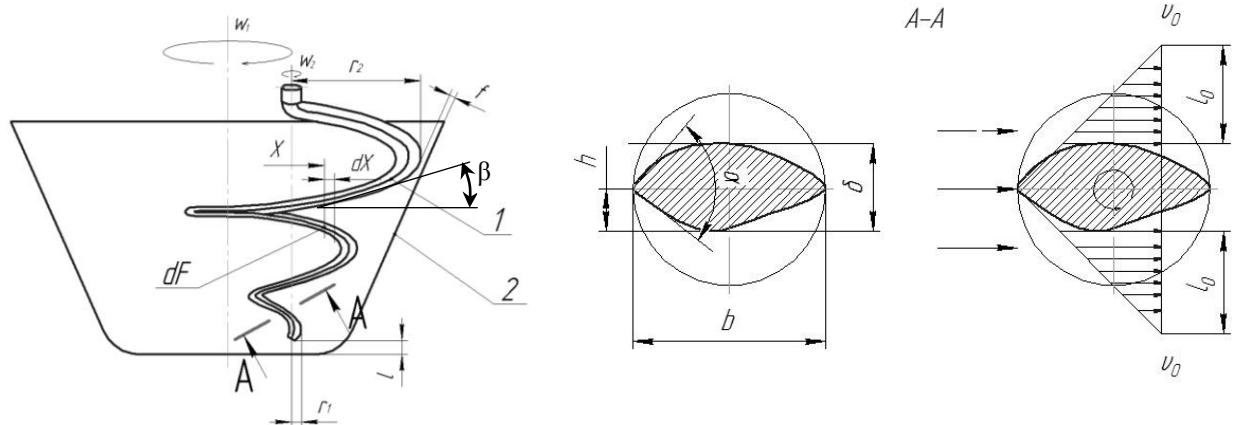


Рис.3.2. Модель тістомісильної машини періодичної дії з конічною камерою (переміщення рідини позначено стрілками): 1 — місильний орган нової конструкції, 2 — конічна діжа.

У період замісу тіста енергія витрачається на корисну роботу замісу і на втрати, негативну роботу. Удосконалення конструкції місильних органів спрямовано на збільшення частини позитивної роботи, загалом, на балансі витрат енергії. У результаті аналізу енергетичного балансу роботи тістомісильного устаткування визначені шляхи зниження негативних витрат, обґрунтовані структурні оптимальні рішення для кожної стадії за тристадійної моделі замісу тіста.

Базуючись на рівнянні енергетичного балансу тістомісильної машини [80], проаналізуємо витрати енергії у період замісу тіста. Рівняння балансу енергії A за один цикл (оберт) місильного органа тістомісильної машини:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4. \quad (3.1)$$

Зіставимо витрату енергії під час замісу тіста різними тістомісильними машинами і проведемо залежності від величини питомих витрат роботи $A_{\text{пит}}$ за рівнянням:

$$A_{\text{пит}} = A n \tau / m. \quad (3.2)$$

Сумарні витрати потужності привода N на процес тістоприготування тістомісильних машин періодичної дії визначаються за рівнянням:

$$N = \frac{An}{\eta_1 \eta_2}. \quad (3.3)$$

Робота A_1 , що витрачається на перемішування тіста

$$A_1 = ab\pi\rho_m n^2 \sin\alpha (r_2^2 - r_1^2) [(1-k)\pi^2 (r_1^2 + r_2^2) + \frac{kS^2}{2}]. \quad (3.4)$$

Робота A_2 , що витрачається на переміщення місильного органа тістомісильної машини

$$A_2 = 0,75ab\delta\rho_{\text{л}}\pi^2 n^2 (r_2^3 + r_1^3). \quad (3.5)$$

Робота A_3 , робота, що витрачається на нагрівання структурних компонентів тіста й взаємодіючих з ними частин тістомісильної машини, Дж/об

$$A_3 = \frac{t_2 - t_1}{nt} (m_T c_T + m_m c_m). \quad (3.6)$$

Оскільки рівняння (3.11) не враховує інтенсивність перемішування, то можливо раціонально використати другий варіант рівняння A_3^1 , запропонований [85]:

$$A_3^1 = 124a\mu n \left[\frac{r_2^4 - r_1^4}{l} + 2 \frac{r_2^3 b \sin\alpha}{f} \right]. \quad (3.7)$$

Робота A_4 , що витрачається на структуроутворення тіста при обліку енергії, затрачуваної на гідратацію компонентів $A_{\text{гід}}$

$$A_4 = (0,05 - 0,1)A_1 + A_{\text{гід}}. \quad (3.8)$$

При цьому треба враховувати, що складова роботи A_4 раніше не досліджувалась. Одним із можливих шляхів інтенсифікації замісу тіста є встановлення взаємозв'язку рецептури хліба й бродіння тіста і технологічного процесу замісу тіста. Ґрунтуючись на результатах наукових досліджень, витрати енергії тістомісильної машини можна подати у вигляді таких залежностей [88] на основі:

- законів термодинаміки [92];
- енергетичного балансу тістомісильної машини, відомої теорії [107] рівняння (3.13);
- теорії замісу тіста Ауермана Л.Я. [111].

Розрахуємо енергію, затрачувану на гідратацію компонентів $A_{\text{гід}}$ за рівнянням

$$\begin{cases} \Delta U = A_5 + Q_T \\ Q_{\text{гід}} = \frac{TC_T \Delta t_{\text{гід}}}{M} \end{cases}. \quad (3.9)$$

Припускаємо

$$A_5 = Q_{\text{гід}}. \quad (3.10)$$

Для процесу замісу автор [55] вважає, що

$$C_T = \frac{C_M M + B}{T}. \quad (3.11)$$

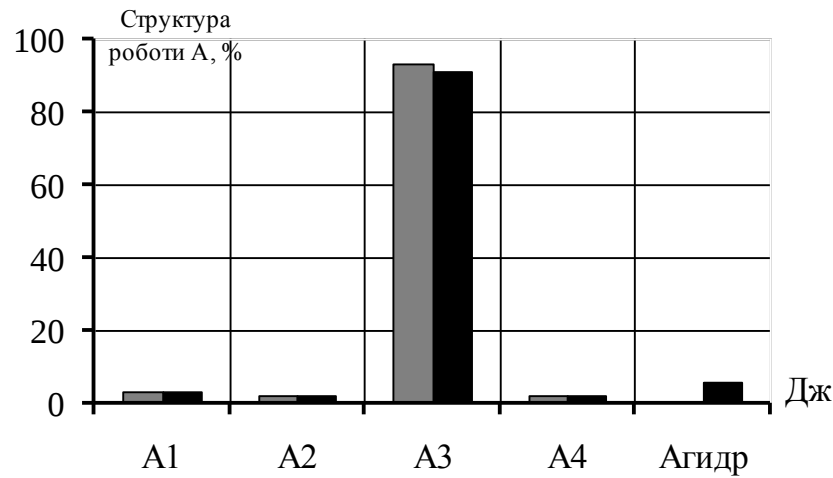


Рис.3.3. Структура балансу енергії A за один цикл (оберт) місильного органа тістомісильної машини: сірий - до уточнення енергетичного балансу; чорний - після уточнення енергетичного балансу.

Із аналізу (рис.3.3.) можна зробити наступні висновки:

- структура роботи A , до уточнення енергетичного балансу: A_1 - 3%; A_2 - 2 %; A_3 - 93 %; A_4 - 2 %;
- структура роботи A , після уточнення енергетичного балансу: A_1 - 3%; A_2 - 2 %; A_3 - 89 %; A_4 - 6 %.

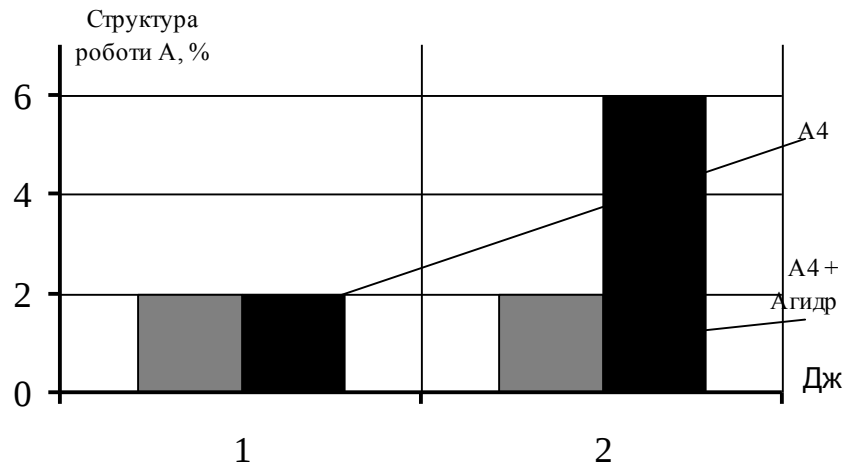


Рис.3.4. Структура роботи A_4 , що витрачається на структуроутворення тіста при обліку енергії, затрачуваної на гідратацію компонентів $A_{гидр}$: сірий - до уточнення енергетичного балансу; чорний - після уточнення енергетичного балансу.

У цьому разі після підстановки в рівняння (3.14) рівнянь (3.15), (3.16) одержуємо рівняння енергії, затрачуваної на гідратацію компонентів $A_{гидр}$

$$A_{гид} = \frac{\Delta t}{M} (C_M M + B). \quad (3.12)$$

Із аналізу (рис.3.4.) можна зробити наступні висновки:

— структуру роботи A_4 , до уточнення енергетичного балансу: $A_4 - 100 \%$, $A_{гид} 0 \%$;

— структуру роботи A_4 , після уточнення енергетичного балансу: $A_4 - 2,5 \%$, $A_{гид} - 97,5 \%$.

Оскільки при замісі одним із головних критеріїв являється структуроутворення тіста, розглянемо рух тіста при перемішуванні.

3.3. Теоретичні передумови перемішування тіста

При русі тіста, яке являє собою неньютонівську рідину та дисперсну фазу (компонентів тіста), виникають умови, коли швидкість тістової частинки ω_1 відрізняється від швидкості оточуючої її дисперсійної фази ω_2 . Між ними виявляється несхожість швидкостей і механокренінг структурних інгредієнтів. Розглянемо рух потоку тіста і визначимо сили P , витрати потужності N , що діють на тістові частинки. Радіус кривизни лінії току несучої фази, що знаходиться на перемішувачій лопаті, позначимо R . Рівняння руху тістової частинки на підставі трьох законів Ньютона [59] представимо у вигляді балансу сил:

$$P_0 + P_P = P_{a1} + P_{a2} + P_{a3} + P_{a4} + P_{a5} + P_{a6} + P_{a7} + P_{a8} + P_{a9} + P_{a10} + P_{a11}. \quad (3.13)$$

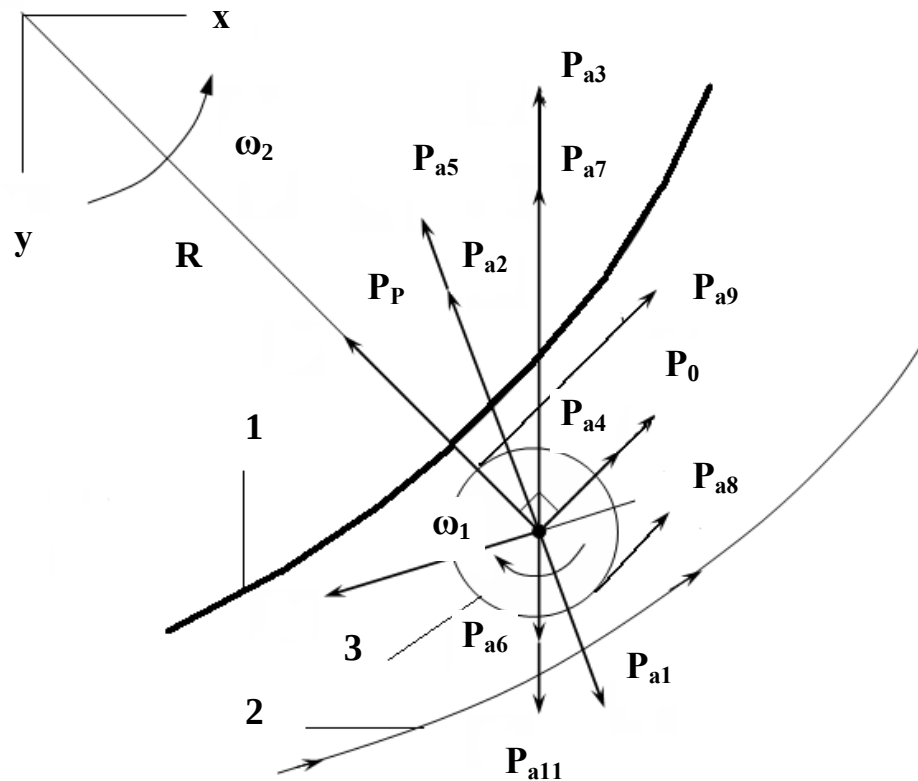


Рис.3.5. Схема сил, що діють на тістову частинку:

y, x – координати площини схеми сил; 1 – місильний орган; 2 – потік тіста; 3 – частинка тіста; ω_1 – кутова швидкість лопаті, вздовж вісі діжі рад/с.; ω_2 – кутова швидкість лопаті, вздовж вісі місильного органа, рад/с.

Визначимо її складові. Одним із факторів визначальної величини впливу місильного органа на оброблюване середовище є кут атаки лобової поверхні місильного органа нової конструкції, згідно теорії [86]. Для проектування місильного органа необхідно визначити кут атаки лобової поверхні, визначивши його оптимальне значення (рис.3.5) [66]. Потужність двигуна, витрачена на заміс тіста описується рівнянням

$$N = \frac{(P_0 v_0 + P_p v_p) K_1}{1000 \eta} \quad (3.14)$$

$$P_0 = F(R \rho_t \operatorname{tg}^2(45 + \frac{\gamma}{2}) + 2c \operatorname{tg}(45 + \frac{\gamma}{2}))(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \quad (3.15)$$

$$P_p = F(R \rho_t \operatorname{tg}^2(45 + \frac{\gamma}{2}) + 2c \operatorname{tg}(45 + \frac{\gamma}{2}))(\cos \alpha + \sin \alpha) \quad (3.16)$$

Осьова й радіальна швидкість точки контакту місильного органа нової конструкції з тістом визначається за рівняннями

$$V_0 = V_p \cos \alpha \sin \alpha \quad (3.17)$$

$$V_p = \omega R \quad (3.18)$$

$$\omega = \frac{R_1 n}{30} \quad (3.19)$$

$$K_1 = (1 + z) \quad (3.20)$$

Підставивши в рівняння (3.25) закономірності зміни параметрів, які входять у неї, та провівши перетворення, одержимо рівняння для визначення витрати потужності привода без урахування ККД передачі

$$N = F \frac{K_1 R^2 n}{\eta 30000} (R \rho_t \operatorname{tg}^2(45 + \frac{\gamma}{2}) + 2C \operatorname{tg}(45 + \frac{\gamma}{2})) (\sin(\frac{\pi}{2} - \alpha) \sin^2 \alpha + \mu_1 \sin^3 \alpha) \quad (3.21)$$

Підставивши значення величин, що входять у рівняння (3.32), і змінюючи значення кута α , одержимо дані, що показують залежність потужності привода місильного органа від величини кута атаки місильного органа нової конструкції (рис.3.6.).

$$\alpha = \frac{1}{\mu_1} \arcsin \sqrt[3]{\frac{N \eta 3000}{F K_1 R^2 n (R \rho_t \operatorname{tg}^2(45 + \frac{\gamma}{2}) + 2c \operatorname{tg}(45 + \frac{\gamma}{2}))}} \quad (3.22)$$

На наукову розробку "Місильний орган для інтенсивного замісу тіста" № 868 отримано висновок про видачу деклараційного патенту України на корисну модель (додаток Б).

Теоретичні дослідження дали можливість визначити оптимальний кут атаки лопаті місильного органа рівним $34,5^\circ$. Ефективність роботи тістомісильної машини є одним із критеріїв досконалості технологічного процесу замісу тіста. Оцінювання якості замісу тіста визначається за допомогою $A_{\text{еф}}$, коефіцієнта ефективності використання енергії

$$A_{\text{эф}} = \frac{A_1}{A_3}. \quad (3.23)$$

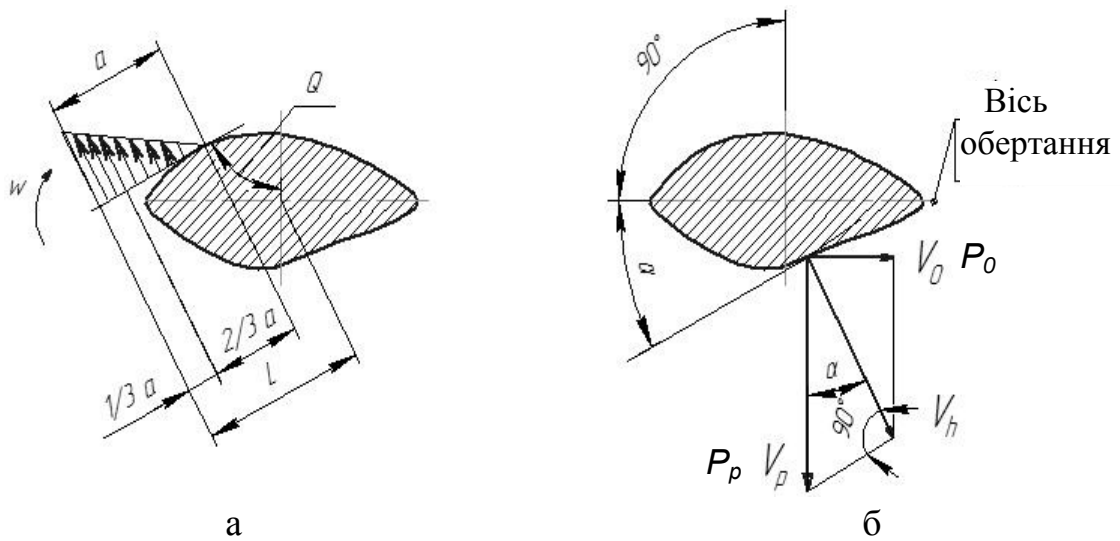


Рис.3.6. Розрахункова схема:

а — установлення сил опору, що діють на лопать;

б — визначення швидкості руху точки, рівнодіючих сил опору на лопать.

Описано взаємодію місильного органа нової конструкції тістомісильної машини періодичної дії з тістом. Даний підхід дає можливість проаналізувати динаміку ходу замісу тіста й подальші за цим зміни фізико-механічних параметрів тіста. Застосуємо дану систему рівнянь для оптимізації параметрів тістоприготування й раціональної побудови місильного органа.

3.4. Проектування місильного органа пропонованої конструкції

З яким коефіцієнтом корисної дії працює орган мішалки? Стає питання, чи розподіляти зусилля на дію на тісто або на поліпшення умов роботи органів мішалок з тим, щоб підняти його продуктивність? У скільки разів можна збільшити його продуктивність при замісі? Способи дії на тісто при роботі органів мішалок: ефективність, ефектність і продуктивність [108]. Основний елемент тістомісильної машини періодичної дії — місильний орган, з однієї сторони, він передає електричну та механічну енергію, з другої сторони — відповідає за якість і час замісу тіста. При вдосконаленні місильних органів тістомісильної машини враховуються особливості процесів утворення тіста і умови для досягнення раціональних параметрів замісу в робочій камері, одночасно за вплив на оброблюване середовище. Для проектування місильного органа нової конструкції було прийнято застосування програм: Microsoft Excel-2003, Maple-8, COSMOSWorks 2007, SolidWorks 2007. Характеристика місильного органа представлена в табл.3.1.

Таблиця 3.1

Характеристика матеріалу.

№ п/п.	Назва деталі	Матеріал	Маса	Об'єм
1.	Спіраль	[SW] Легована сталь	20.4277 кг	0.00265294 м ³

Microsoft Excel-2003, задача оптимізації — одна з найважливіших і поширених задач, що зустрічаються у практиці досліджень як теоретичного, так і прикладного характеру. Визначає якнайкращі умови рішень значень параметрів, рівнів чинників, що є у багатьох випадках основною метою. Зокрема, такого роду оптимізаційні проблеми:

— управління технологічним процесом замісу тіста, коли необхідне досягнення максимальної продуктивності при якнайкращій якості і мінімальних витратах;

— проектування органів мішалок, коли вимагається підібрати таку комбінацію параметрів, яка відповідала б щонайвищим експлуатаційним характеристикам проектного апарата;

— задачі обчислювального характеру чисельної побудови плану експерименту, оптимального відповідно до вибраного критерію.

З математичної точки зору задача оптимізації може бути сформульована

$$Y^* = Y^*(X^*) = Y^*(X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*) = \underset{x}{\text{extr}} Y(X). \quad (3.24)$$

де Y^* — екстремальне значення;

$X_1 = X^*, X_2 = X^*, X_n = X^*$ — керовані чинники об'єкту дослідження;

Y — цільова функція, критерій оптимізації;

X^T — значення екстремальної точки [114].

Результати розрахунків лопатевого місильного органа нової конструкції (рис.3.7.). При розробці моделі профілю місильного органа нової конструкції тістомісильної машини в значенні базової прийнята методика програмування — Maple-8. Модель заснована на розподілі характеристик, які описують зміни поверхні місильного органу нової конструкції тістомісильної машини. Алгоритм даного методу — це сукупність умов вибору початкового наближення, розрахункових співвідношень і ознаки закінчення обчислювального процесу. Застосований комбінований метод (метод хорд і дотичних). Його особливості: один показник дає значення кореня з погрішністю, інший — представляє можливість вибрати ознаки закінчення обчислень і забезпечити необхідну точність результату. Даний метод трудомісткий, проте при високій продуктивності комп'ютера цей недолік значення не має. Істотна перевага методу полягає в його здатності забезпечити високу точність визначення при кінцевому числі інтеграцій [115].

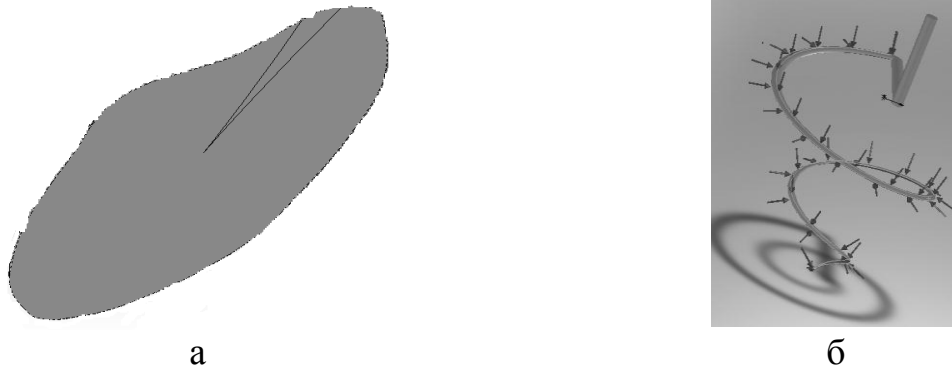


Рис.3.7. Результати розрахунків лопатевого місильного органа нової конструкції: а — математична модель місильного органа, перетин. Програма Maple-8; б — робочі площини місильного органа, вплив деформуючих сил тіста COSMOS WORKS 2007.

У результаті було визначено теоретичний профіль місильного органа нової конструкції. Даний розрахунок базується на застосуванні програми розрахунку місильного органа нової конструкції Maple-8 табл.3.2. (додаток Е). У подальшому розрахунок проводився за алгоритмом. Алгоритм обчислення комбінованим методом є сукупність наступних співвідношень:

— умови вибору початкового наближення.

$$X_0 = \begin{cases} a, \text{ якщо } f(a)f''(a) > 0 \text{ або } f(b)f''(b) < 0; \\ b, \text{ якщо } f(b)f''(a) > 0 \text{ або } f(b)f''(b) > 0. \end{cases} \quad (3.25)$$

— розрахункові співвідношення

$$X_n^{(k)} = X_{n-1} - \frac{f(X_{n-1})}{f'(X_{n-1})}. \quad (3.26)$$

Профілі всіх перетинів даються у координатній системі, котра пов'язана із змінними показниками місильного органа, що забезпечує формування поверхні моделі органа на базі отриманих даних.

У результаті була складена програма визначення профілю перетину місильного органа нової конструкції. Надалі отримана формула, що описує поверхню в перетину місильного органа нової конструкції, це поліном восьмого порядку [116]

$$PN := -2.23x - 0.28x^3 + 0.01x^5 + 0.01x^6 - 6.24 \cdot 10^{-7} x^7 + 1.43x^2 + 0.03x^4 + 3.89 \cdot 10^{-9} x^8 \quad (3.27)$$

Процес проектування форми місильного органа в програмі COSMOSWorks 2007 являє собою розрахунок конструкції на міцність. Так звана поверхнева модель COSMOSWorks 2007, по суті, є розрахунком за теорією оболонок. При цьому деталь апроксимована виключно оболонковими кінцевими елементами, побудованими на базі збірки, гібридними сітками, утвореними в контексті збірки, деталями, що складаються з одного або декількох тіл [117]. Початкові рахункові показники представлені в табл.3.3.

Таблиця 3.3

Рахункові показники

№ п/п	Назва якості	Значення	Одиниці виміру
1	Модуль пружності	$2.1 \cdot 10^{11}$	Н/м ²
2	Коефіцієнт Пуасона	0,28	НА
3	Масова щільність	7700	кг/м ³
4	Межа текучості	$6.2042 \cdot 10^8$	Н/м ²

На відміну від об'ємних кінцевих елементів, вузли оболонкових елементів мають шість ступенів свободи: трьома переміщеннями і трьома кутами повороту. Елементи мають лінійну апроксимацію переміщень, відповідно, постійні деформації, або параболічну, лінійну, що змінюються вздовж серединної деформації. Відповідні параметри знаходяться на сітці, параметри в групі параметрів, якість сітки. Розрахунок проведений з наступними апроксимаціями:

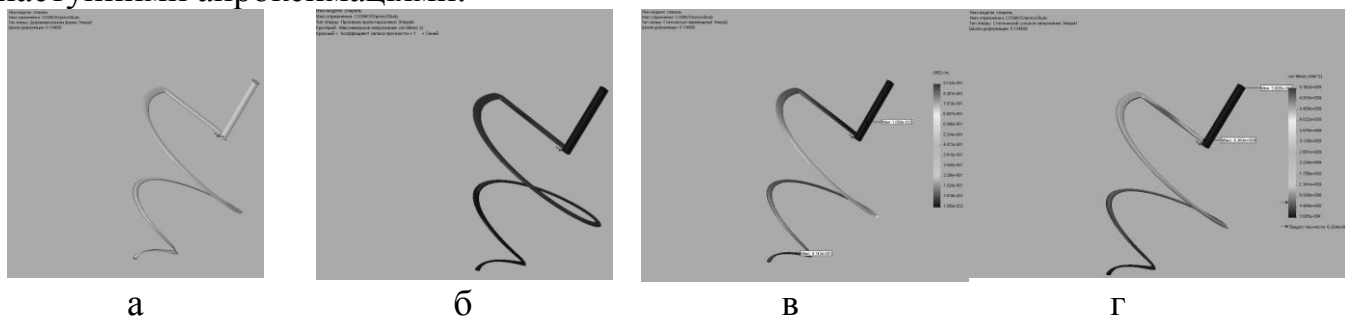


Рис.3.8. Результати розрахунків лопатевого місильного органа в програмному середовищі COSMOS WORKS 2007: а — деформована форма місильного органа; б — перевірка проектування, максимальна напруга, коефіцієнт запасу міцності; в — статична напруга, шкала деформації; г — статична вузлова напруга, межа текучості.

— в пропозиції, що оболонки тонкі. При формулюванні кінцевих елементів прийнята гіпотеза Кирхофа – Лява, тобто нормаль до серединної поверхні елемента зберігає перпендикулярність і не деформується при навантаженні. Розподіл нормальних напруг по довжині нормалі. Деформації зсуву в площинах, перпендикулярних поверхні, відсутні, проте відповідні дотичні напруги виділяються у пропозиції їх постійності по товщині;

— у пропозиції, що оболонки товсті. Модель Рейснера – Міндліна, що враховує поворот нормалі щодо серединної поверхні без деформації. Дотичні напруги в площинах, перпендикулярних серединній поверхні, що розраховуються, розподілені за параболічним законом, проте в моделі кінцевого елемента вони вважаються постійними. Використовуються відношення товщини оболонки до її поперечного розміру більше на 5 %. Розмір оболонки - це прогін, як відстань між опорами, а не розмір деякої грані. Результати розрахунків лопатевого місильного органа в програмному середовищі COSMOS WORKS 2007 представлені на рис.3.8.

Програма SOLID WORKS 2007 призначена безпосередньо для геометричних побудов. Створена спеціальна розрахункова конфігурація яка характеризує геометричні елементи в стані погашення, не несучі деталі, а працюючі, які представлені в спрощеному виконанні. Розрахункова конфігурація – модель. Виключення об'єктів з моделі у декілька разів скорочує розмірність задачі.

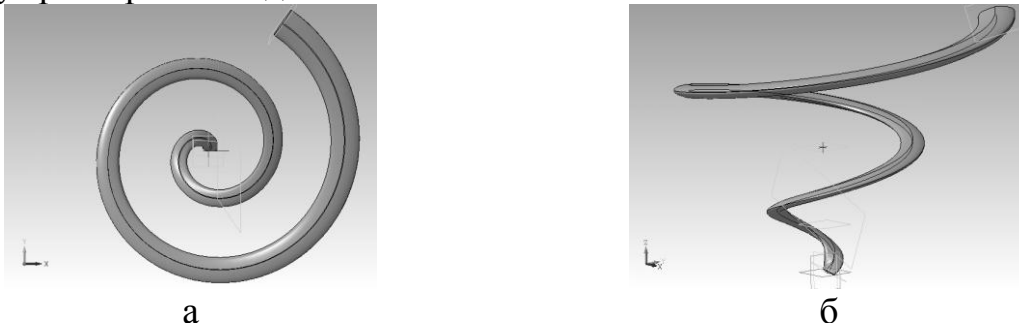


Рис.3.9. Результати розрахунків місильного органа нової конструкції в програмному середовищі SOLID WORKS 2007: а — математична модель місильного органа, вид зверху; б — математична модель місильного органа, вид збоку.

При реалізації подібних моделей представлені моменти [117]:

- розроблене проектування являється найбільш універсальним. Має всі переваги раніше запропонованих методик на основі моделювання профілю місильного органа;
- дозволяє вирішувати ряд прикладних задач моделювання за рахунок численних застосованих і запропонованих методик;
- підвищує точність моделювання і дає користувачу змогу корекції вирішень при обов'язковій умові зміни показників, що веде до різноманітності засобів проектування.

Результати розрахунків місильного органа нової конструкції у програмному середовищі SOLID WORKS 2007 представлені на рис.3.9.

Комплексний підхід застосування програм: Microsoft Excel-2003, Maple-8, COSMOS WORKS 2007 и SOLID WORKS 2007 дає змогу ефективно обґрунтувати напрямки наукових досліджень (додаток В). Енергія, витрачена при замісі тіста, в подальшому реалізується у хімічні процеси бродіння тіста. Їх взаємозв'язок реалізується у системі прогнозування якісних показників тістоприготування.

3.5. Система тістоприготування

Основи теорії процесу замісу тіста розроблялися виходячи з того, що процес замісу тіста є багатфакторною технологічною ланкою у виробництві хлібобулочної продукції, на підставі теоретичних передумов [118]:

- енергія у природі не виникає з нічого й не зникає нікуди: кількість її незмінна. Вона тільки переходить із однієї форми в іншу;

$$\Delta U = A_s + Q. \quad (3.28)$$

— зміна внутрішньої енергії системи при переході її з одного стану в інший дорівнює сумі роботи зовнішніх сил і кількості теплоти, переданої системі;

— неможливий процес, єдиним результатом якого була б передача енергії шляхом теплообміну від тіла, менш нагрітого до більш нагрітого;

— процес замісу тіста є багатофакторною технологічною ланкою у виробництві хліба. Його не можна звести до примітивного перемішування сипких і рідких компонентів, тому що вхідні компоненти в процесі тістоприготування змінюють свої фізико-механічні властивості.

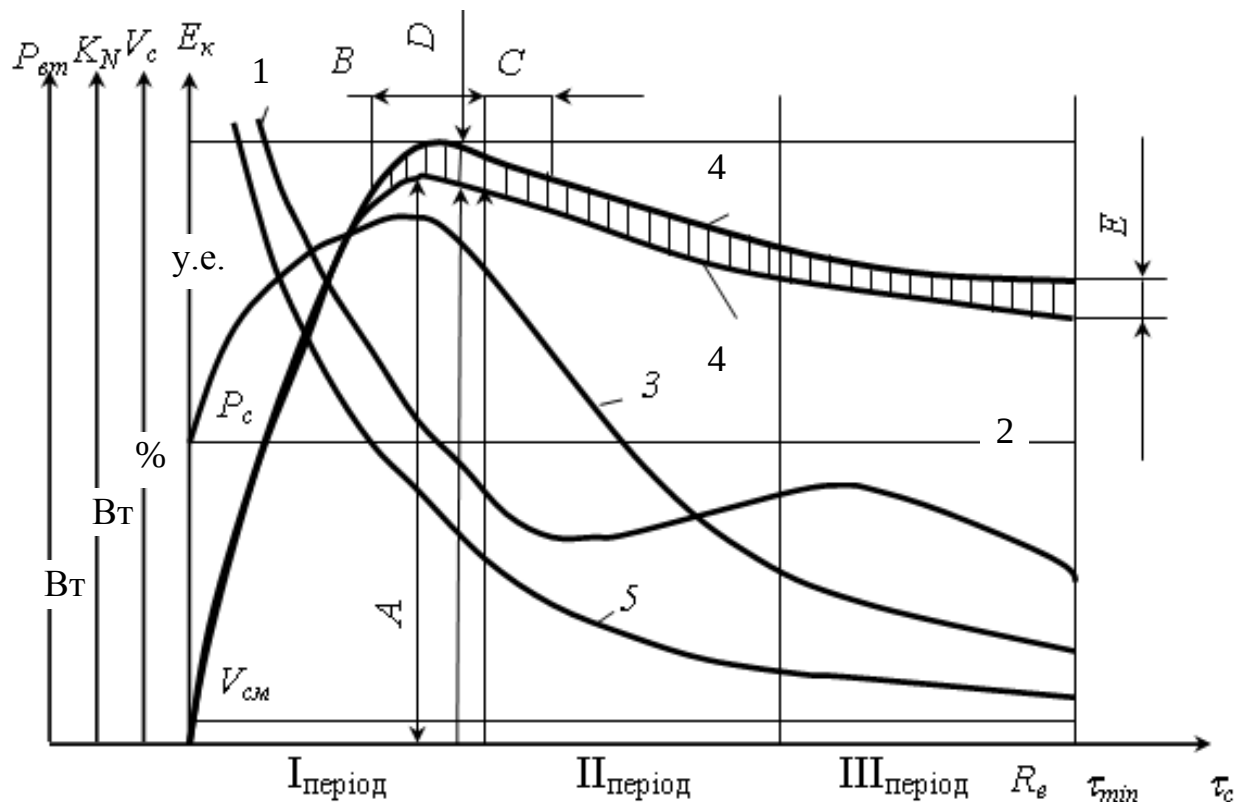


Рис.3.10. Режим досліджень, де:

A — консистенція тіста; B — час утворення тіста; C — час підтримки постійних властивостей суміші; D — еластичність тіста; E — розслаблення структури тіста; R_e — число Рейнольдса; τ_{min} , τ_c — час замісу тіста.

Графіки: 1,2 — K_N — потужності від частоти обертання привода тістомісильної машини й режимів плинущі суміші; 3 — P — зміни завантаження на приводі тістомісильної машини; 4 — E_k — консистограма замісу тіста, що дає можливість виконувати розрахунок характеристик замісу тіста; 5 — V_c — зміна коефіцієнта варіації найбільш нечисленного компонента суміші.

Енергія у тістоприготуванні передається через місильний орган при замісі тіста. У подальшому вона трансформується в інші якісні показники. Зробимо спробу спрогнозувати структурні зміни залежно від ряду технологічних і технічних факторів, що впливають на процес тістоприготування: кислотонакопичення, об'єму тіста, пружних властивостей (розрив), об'єму вуглекислого газу, що виділився у процесі бродіння.

У зв'язку зі складністю процесів, що проходять, доцільно проводити науковий пошук за напрямками: аналіз тристадійної моделі замісу тіста; енергетичного балансу взаємодії тіста з місильним органом тістомісильної машини в процесі замісу тіста. Зроблено спробу спрогнозувати енергетичну модель тістоприготування залежно від ряду технологічних і технічних факторів, що впливають на даний процес. Висунута теорія заснована на:

- теорії [119];
- аналізі основ робіт [60,63] із урахуванням власних досліджень;
- розгляді графіків, запропонованих у роботах: [112,113];
- використанні пакета програми Microsoft Excel-2003 [108].

Взаємозв'язок енергетичних і фізико-механічних властивостей представлений на рис.3.10.

Отримано рівняння, що описує залежність кислотності тіста K_T у період бродіння тіста, при обліку енергетичного балансу замісу тіста

$$K_m = K_0 + v_k n t M \rho_T \frac{\tau_{бр.т}^3}{\tau_{бр.о}} F_1. \quad (3.29)$$

Отримано рівняння, що описує зміни об'єму тіста V у період бродіння тіста, при обліку енергетичного балансу замісу тіста

$$V = V_0 + \rho_T M \frac{\tau_{бр.т}^2}{n - \tau} F_2. \quad (3.30)$$

Одержано рівняння для визначення пружних властивостей N_y , що характеризують структурно-механічні параметри тіста (розрив). Фактори, які визначають взаємозв'язок пружних властивостей N_y (розрив) у період бродіння і енергетичний баланс замісу тіста, виражені таким чином

$$N_y = N_0 + \mu B m S_1 n \frac{\tau_{бр.т}^2}{\tau_{бр.о}} F_3. \quad (3.31)$$

Відомо, що пористість структури тіста залежить від об'єму вуглекислого газу, що виділився у період бродіння тіста. Тому в роботі виконано дослідження з визначення об'єму вуглекислого газу V_2 , що утворився у процесі бродіння тіста. В основу досліджень покладено рівняння:

- закон Менделєєва-Клайперона для ідеального газу [118];
- рівняння теорії [60];

$$\begin{cases} \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \\ A_3 = \frac{t_2 - t_1}{n\tau} (m_T c_T + m_m c_m) \end{cases} \quad (3.32)$$

Допускаємо

$$T_2 = t_2 - t_1. \quad (3.33)$$

Проведемо перетворення рівнянь й одержимо рівняння для визначення об'єму газу V_2 . Отримано рівняння, що описує визначення об'єму вуглекислого газу у період бродіння від енергетичного балансу замісу тіста

$$V_2 = \Delta t C_T M \frac{A_3 n \tau V_1}{(m_T c_T + m_m c_m) T_1} F_4. \quad (3.34)$$

Прогнозування якості тістоприготування ґрунтується на виборі енергетичної дії у ході замісу тіста. При цьому даний науковий підхід розглядався у взаємозв'язку технологічних показників і теоретичних передумов. Проведений всебічний аналіз шляхів скорочення тістоприготування і способів поліпшення якісних показників. Показано характер взаємодії енергетичних перетворень, структурно-механічних і фізичних властивостей тіста. Визначені режими, які забезпечують ефективність технологічного процесу утворення тіста, чисельні значення режимів тістоприготування у залежності від енергетичної дії і конструктивного виконання робочої камери тістомісильної машини.

3.6. Статистична обробка результатів експериментального дослідження тістоприготування

Удосконалювання конструкцій тістомісильних машин періодичної дії та їх місильних органів базується на розумінні нюансів процесів, що забезпечують раціональність параметрів тістоприготування й оптимізації конструктивного виконання місильних камер й органів відповідно до основ теорії замісу. В основу аналізу досліджень покладено: теорію математичного моделювання, результати статистичного аналізу експериментальних і теоретичних досліджень, отриманих раніше. Математична модель досліджень – математична визначеність, що містить або відображає ті або інші властивості об'єкту, що вивчається, зокрема структуру, кількісні зв'язки і його характеристики. Розглядалися моделі, кількісне уявлення про які отримано на базі експериментальних досліджень — експериментальні математичні моделі. Методи планування експерименту призначені для отримання статистичних моделей, внаслідок чого самі ці методи часто іменують статистичними методами планування експерименту [108].

Математична теорія, що лежить в основі побудови різних статистичних моделей, — це теорія вірогідності — наука, що вивчає об'єктивні закономірності масових і випадкових явищ. З кожним із подібних явищ можуть бути пов'язані й певні події, що здійснюються або не здійснюються у результаті досліду. Кількісною мірою об'єктивної можливості здійснення події при фіксованому основному комплексі умов експериментування є вірогідність цієї події. Якщо при N -кратному повторенні досліду дана подія A відбулася у n_A випадках, тоді вірогідність настання події A , позначена $P\{A\}$, визначається як межа відношення

$$P\{A\} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n_A}{N}. \quad (3.35)$$

Звідси зрозуміло, що при $0 \leq P\{A\} \leq 1$: якщо A — достовірна подія, то $P\{A\}=1$; для неможливої події $P\{A\}=0$. Зворотні твердження невірні.

Статистичне оцінювання. Розрахунок проводили методом розрахунку показників величини питомих витрат роботи $A_{\text{пит}}$. Для спрощення процесу розрахунку системи рівнянь, розшифрування математичних символів моделі й оптимальні значення для розрахунку в очікуваній області роботи отримані дані в табл.3.1 (додаток Д). Були прийняті фактори: кут контакту, товщина й площа контакту місильного органа. При вирішенні багатьох задач, пов'язаних з обробкою експериментальних даних, оброблялися результати, що мають характер вірогідності.

Необхідні характеристики випадкових величин були невідомі і знаходилися за експериментальними значеннями. Даний статистичний опис математичних моделей, що застосовують поняття вірогідності, складає зміст математичної статистики. Застосування статистичних методів полягає у тому, щоб по вибірці обмеженого об'єму N , тобто по її частині, доказати обґрунтовану думку про властивості в цілому. Дані для оцінки регресійною статистикою представлені в табл.3.4.

Таблиця 3.4

Регресійна статистика

№ п/п	Показники	Підсумки розрахунків	Місильний орган нової конструкції		
			D, мм	$S_1, \text{м}^2$	α , град
1	Множинний R	0,699	0,649	0,236	0,015
2	R-квадрат	0,488	0,421	0,055	0,001
3	Нормований R-квадрат	0,451	0,408	0,033	-0,023
4	Стандартна помилка	3,565	3,699	4,727	4,865
5	Спостереження	44	44	44	44

Точка зору на оцінку регресійною статистикою може бути сформульована шляхом побудови емпіричних аналогів вірогіднісних характеристик досліджуваної випадкової величини, оцінювання параметрів, характеристик генеральної сукупності за допомогою відповідних функцій.

Перевірка статистичних гіпотез. Можливі значення подібних статистик для перевірки гіпотези діляться: область ухвалення гіпотези і критична область. Критична область складається із значень статистики, яка ухвалює рішення відкинути гіпотезу, що перевіряється. За допомогою критеріїв значущості можливо:

— з'ясувати несуперечність результатів спостережень. Пропозиція про деякі параметри генеральної сукупності — рівність певним числам;

— при наявності великої кількості вибірок — чи існують об'єктивні підстави, що вони є представниками однієї і тієї ж генеральної сукупності.

Призначення регресійного аналізу — отримання за експериментальними даними регресійних моделей об'єктів дослідження вигляду $Y = \varphi(X, Z) + e$. Регресійний аналіз вирішує дослідницьку задачу — отримання формульних залежностей, які зв'язують значення вихідної змінної об'єкту з чинниками X і Z за наявності аддитивної перешкоди e випадкового характеру. Система базисних функцій $f_1(X)$, $j=0, d$ повинна бути в принципі вибрана до проведення експериментів і розрахунків. Вибір системи проводиться, виходячи з інформації про характер залежності $\varphi(X)$ і забезпечення простоти проведення розрахунків. За відомими значеннями X розраховувалися значення базових функцій $f_1(X)$. Якщо говорити про відповідність між реальним об'єктом і регресивною моделлю, то, як відзначалося, можна інтерпретувати результат розкладання безперервної функції відгуку $\varphi(X)$ у ряд за системою базисних функцій.

Таблиця 3.5

Дисперсійний аналіз

№ п/п	Показники	Критерії				
		df	SS	MS	F	Значущість F
Підсумки розрахунків.						
1	Регресія	3	485,989	161,996	12,746	5,479E-06
2	Залишок	40	508,379	12,709		
3	Разом	43	994,368			
Товщина місильного органа нової конструкції						
1	Регресія	1	419,412	419,412	30,637	1,846E-06
2	Залишок	42	574,956	13,689		
3	Разом	43	994,368			
Площа контакту місильного органа нової конструкції						
1	Регресія	1	55,574	55,574	2,486	0,122
2	Залишок	42	938,794	22,352		
3	Разом	43	994,368			
Кут контакту місильного органа нової конструкції						
1	Регресія	1	0,237	0,237	0,011	0,921
2	Залишок	42	994,131	23,669		
3	Разом	43	994,368			

Планування регресивних експериментів. Плани другого порядку. Список істотних змінних, початковий вигляд регресивної моделі може бути отриманий у результаті якісного вивчення фізичної суті досліджуваного явища. Оцінка регресивного експерименту представлена в табл.3.5, 3.6 (додаток Е). Тут фіктивна змінна x_0 відповідає коефіцієнту β_0 в регресивній моделі і, як правило, завжди присутня у таких списках.

Етап 1. З числа чинників $x_0, x_1, \dots, x_n$ вибирається k ведучих, де $k = n - p$. Хай це перші k чинники $x_0, x_1, \dots, x_k$. Для вибраних чинників записується спектр плану ПФЕ 2^k . Спосіб побудови спектру відомий, то можна рахувати повністю задану програму зміни кожного з чинників у ході експерименту.

Етап 2. Для $n - k = p$ чинників як програма зміни в ході експерименту вибираються стовпці, відповідні тим або іншим похідним факторів. Співвідношення, що прив'язує один із стовпців $x_{k+1}, x_{k+2}, \dots, x_n$ до стовпця певного похідного як ось комбінації факторів $x_0, x_1, \dots, x_k$, є генеруючим співвідношенням.

Етап 3. Перевірка придатності спектру плану здійснюється шляхом побудови матриці чисельних значень базисних функцій, тобто всіх змінних із списку істотних. Якщо в матриці немає повністю співпадаючих або повністю протилежних стовпців, знайдений спектр плану придатний для подальшого експерименту і його проблема визначення вирішена.

У результаті проведеного нами регресивного аналізу було отримано лінійнобагатофакторну модель величини питомих витрат роботи $A_{\text{пит}}$ від кута контакту, товщини й площі контакту місильного органа, що впливають на процес замісу тіста. Після розрахунків коефіцієнтів рівняння процесу має вигляд

$$y = 75 + 9,08X_1 + 724X_2 + 706,55X_3. \quad (3.36)$$

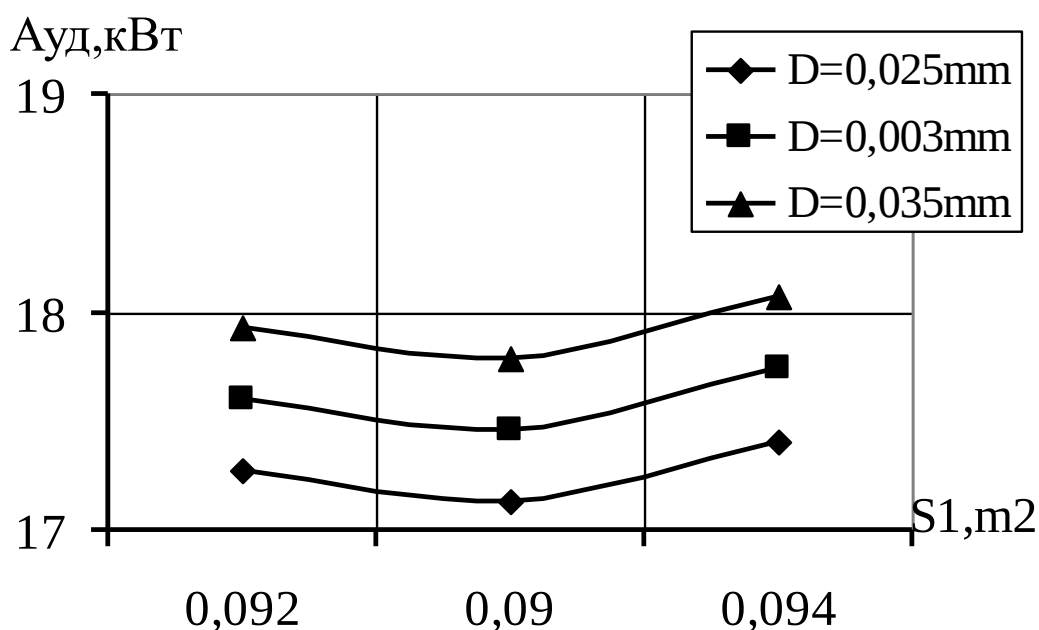


Рис.3.11. Залежність величини питомих витрат роботи від площі контакту місильного органа.

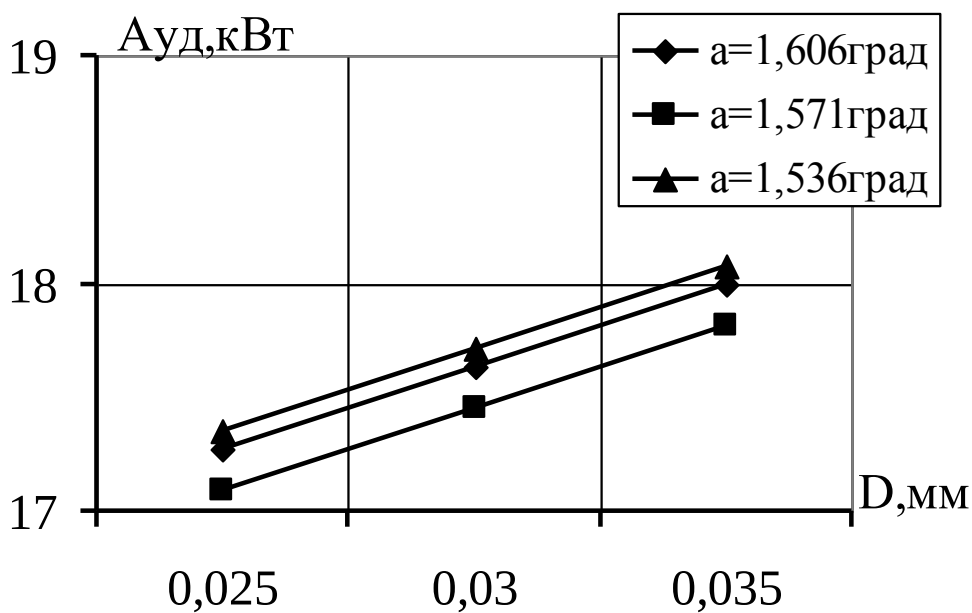


Рис.3.12. Залежність величини питомих витрат роботи від товщини контакту місильного органа.

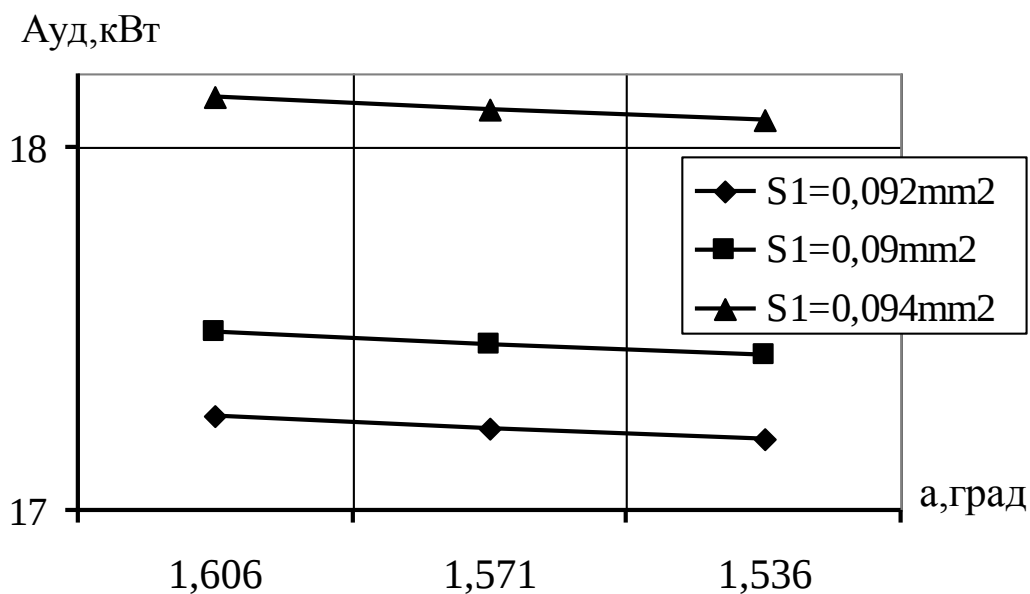


Рис.3.13. Залежність величини питомих витрат роботи від кута контакту місильного органа.

Величина питомих витрат роботи $A_{\text{пит}}$ перебуває у прямій залежності від кута контакту, товщини й площі контакту місильного органа. Підтверджено висунуті передумови й одержано оптимальну, теоретично обґрунтовану базу експериментальних досліджень. Результати взаємодії факторів, що визначають процес замісу тіста, представлені на рис.3.11.-3.13.

При цьому забезпечено максимально можливу повноту вивчення й виконання досліджуваних факторів на процес замісу тіста за мінімальних матеріальних і тимчасових витрат. Отримане рівняння описує експеримент. Рівняння демонструє питому роботу, найбільший вплив кута контакту й

площу контакту. Менше на хід процесу замісу тіста впливає товщина місильного органа. Отже, підтверджено висунуті передумови й одержано оптимальну, теоретично обґрунтовану базу експериментальних досліджень. При цьому забезпечена максимально можлива повнота вивчення й виконання досліджуваних факторів на процес замісу тіста за мінімальних матеріальних і тимчасових витрат. Розроблена нами модель дала можливість скласти програму, за якою можна досліджувати процеси, що проходять у тістомісильній машині, й оптимізувати кінематичні й конструкційні параметри її, що дає змогу значно скоротити витрати часу й засобів під час проектування місильних органів нової конструкції тістомісильних машин.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТІСТОПРИГОТУВАННЯ

Механічна обробка тіста при замішуванні — технологічна операція, яка визначає:

- структурно - механічні властивості тіста;
- інтенсивність процесу бродіння при дозріванні і кінцевому вистоюванні тіста;
- енергоємність і технологічність операції тістоприготування.

На основі даних можливе прогнозування залежно від ряду технологічних і технічних факторів, що впливають на процес замісу тіста. Проведеними дослідженнями підтверджувалася доцільність системи тістоприготування з використанням: фундаментальних досліджень, енергетичного балансу і наших досліджень. В основі експериментальних досліджень лежить передумова — ефективність енергетичної дії у період замісу тіста визначається питомими затратами роботи. Вона являється структурною ланкою, яка визначає якісні і кількісні показники як тіста, так і подальші підсумки, і хліба. Частина технологічного ланцюжка — тістоприготування визначається технологічними і технічними заданими величинами [109].

Таблиця 4.1

Витрати сировини на 100 кг тіста за рецептурою хліба “Таврійський п/с”

№ п / п	Найменування сировини, полуфабрикатів і показників технологічного процесу.	Одиниці виміру	Найменування виробів Хліб білий із пшеничної муки 1 сорту.	
			Опара	Тісто
1	Мука пшенична 1 сорт.	кг.	45-55	55-45
2	Дріжджі хлібопекарські імпорного виробництва.	кг.	Згідно інструкції за застосуванням	
3	Дріжджі хлібопекарські пресовані.	кг.	1.5 кг.	—
4	Сіль поварена харчова.	кг.	—	1.3 кг.
5	Вода питна.	л.	25-30	За розрахунком
6	Масло рослинне для змащення форм.	кг.	—	0.3
7	Температура початкова.	⁰ С	23-25	28-32
8	Тривалість бродіння.	хв.	150-180	30-40
9	Кислотність титрована, кінцева	⁰ Н	3,0-3,5	3,5

У кінцевому підсумку даний підхід дав змогу побудувати систему тістоприготування, яка описує зміни, що проходять у тісті в період замісу та бродіння. Проведеними дослідженнями підтверджувалася доцільність вибору конструкції та виготовлення місильного органа тістомісильної машини й з погляду ефективності впливу його на тісто, можливість застосування системи

тістоприготування. Експериментальні дослідження тістоприготування проводилися на основі рецептури хліба “Таврійський п/с”, табл. 4.1.

Представлена рецептура повністю реалізує можливості експериментальних досліджень тістоприготування. У подальшому дана технологія реалізовувалася на апаратній схемі дослідження тістоприготування, рис. 4.1.

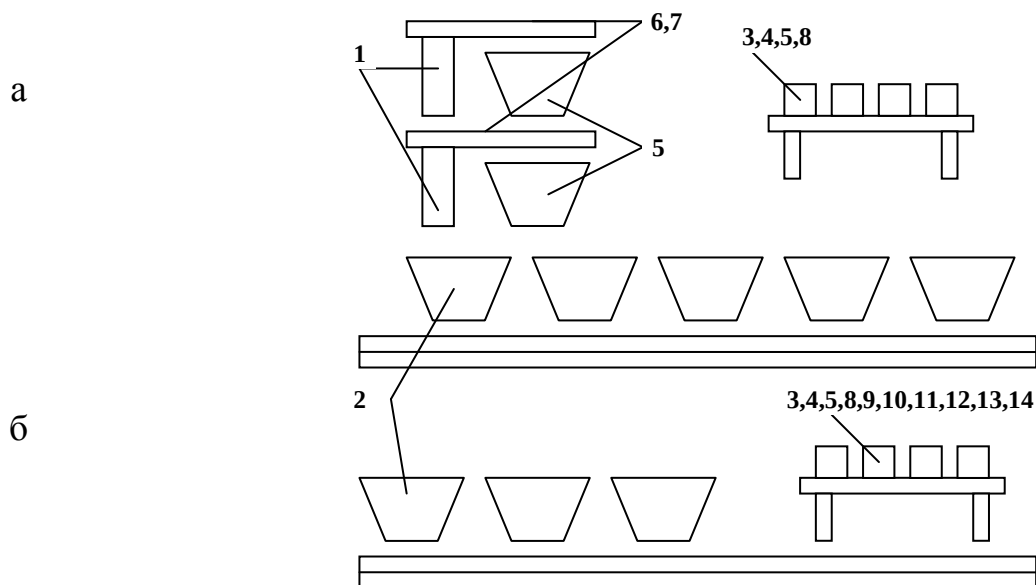


Рис.4.1. Апаратна схема дослідження тістоприготування:

а — заміс тіста: 1. Тістомісильна машина Л4-ХТВ. 2. Діжа. 3. Аналітичні ваги ВЛА-200т-М з точністю до 0,001 кг. 4. Технічні ваги РН-10Ц13У з точністю до 0,01 кг. 5. Технічний термометр ТН-3 ДСТУ4-2001 зі шкалою 60 °С і точністю підрахунку до 1 °С. 6. Амперметр Е-30. 7. Вольтметр В-7-26. 8. ВНІХП-4 або сушильна електрошафа з терморегулятором Чижової.

б — бродіння тіста: 2. Діжа. 3. Аналітичні ваги ВЛА-200т-М з точністю до 0,001 кг. 4. Технічні ваги РН-10Ц13У з точністю до 0,01 кг. 5. Технічний термометр ТН-3 ДСТУ4-2001 зі шкалою 60 °С і точністю підрахунку до 1 °С. 8. ВНІХП-4 або сушильна електрошафа з терморегулятором Чижової. 9. Лінійка ДСТУ 427-05. 10. Прилад Журавльова. 11. Прилад ІДК-1. 12. Прилад АГ-1 або прилад Яго-Островського. 13. Позиційний профілактометр УРЛ-Модуль1. 14. Прилади для виміру титрованої кислотності.

Отримані результати досліджень: базового й нової конструкції зразків місильних органів, параметрів тістоприготування порівнювалися й аналізувалися.

4.1. Дослідження енергетичного балансу замісу тіста

Технологічні процеси, що проходять під час замісу тіста, відбивають сутність взаємодій у тісті. Отримані результати аналізу запропонованої тристадійної моделі замісу тіста дають змогу дійти до розуміння змін у тісті на основі отриманих даних. Вивчалися підходи до обґрунтування різних моделей стану тіста та їхньої аргументації. Перевірка дослідних даних моделювання процесів замісу тіста здійснювалася на підставі: теорії замісу тіста, технічного виконання системи, технологічної реалізації. Механічна обробка тіста при замішуванні здійснюється при обліку змін енергетики замісу тіста і технологічних якостей тіста.

Під час проведення експериментальних досліджень оцінювалися основні закономірності зміни властивостей тіста, оптимальності його параметрів і режимів утворення тіста, тобто всіх вихідних величин процесу, що визначають вірогідність отриманих результатів, необхідних для опису споживчих властивостей тіста й прогнозування залежно від ряду технологічних і технічних факторів, що впливають на процес тістоприготування. Проведеними дослідями на базі теорії процесів замісу тіста вироблялася доцільність підтвердити систему теоретичних поглядів, що описують зміни, котрі проходять у тісті в період замісу. При досліджуванні масиву експериментальних значень урахувалася можливість детально вивчити й проаналізувати суть процесів, що відбуваються під час замісу тіста. Аналіз експериментальних даних дозволив виділити наступні залежності:

4.1.1. Вплив технологічних даних на температурний режим тістоприготування. Опрацювання результатів експериментальних досліджень показало, що збільшення інтенсивності впливу місильного органа тістомісильної машини приводить до росту температури тіста і, відповідно, ріст температурного режиму веде до зростання пластичності й зменшення в'язкісних властивостей. Це можна пояснити наслідком розслаблення міжмолекулярних зв'язків структурованого тіста. Проте, відповідно до вимог технології виробництва тіста існує критичне значення припустимого росту температури для тіста, за межею якого відбуваються неприпустимі зміни його складу. Відповідно до технологічних умов проведення експериментів, вологість тіста втримувалася у межах від 43 % і 45 % і не змінювалася у процесі аналізу, отже, вплив її на фізичні властивості маси стабільний. Експерименти доказали, що за стабільних механічного впливу й вологості збільшення температури приводить до зміни в тісті величини внутрішнього тертя.

Аналіз графіків (рис. 4.2.а, табл. 4.2) зміни температури за вологості тіста 43 % дає можливість зробити такі висновки:

— протягом перших 60 с. температуру тіста в загальному об'ємі визначити неможливо, в цілому вона неоднорідна й нестабільна. Можна припустити, що в цей період температура суміші відповідає початковій

температурі компонентів, ще нерівномірно розмішаних в об'ємі діжі. Зміни мають квадратичний характер.

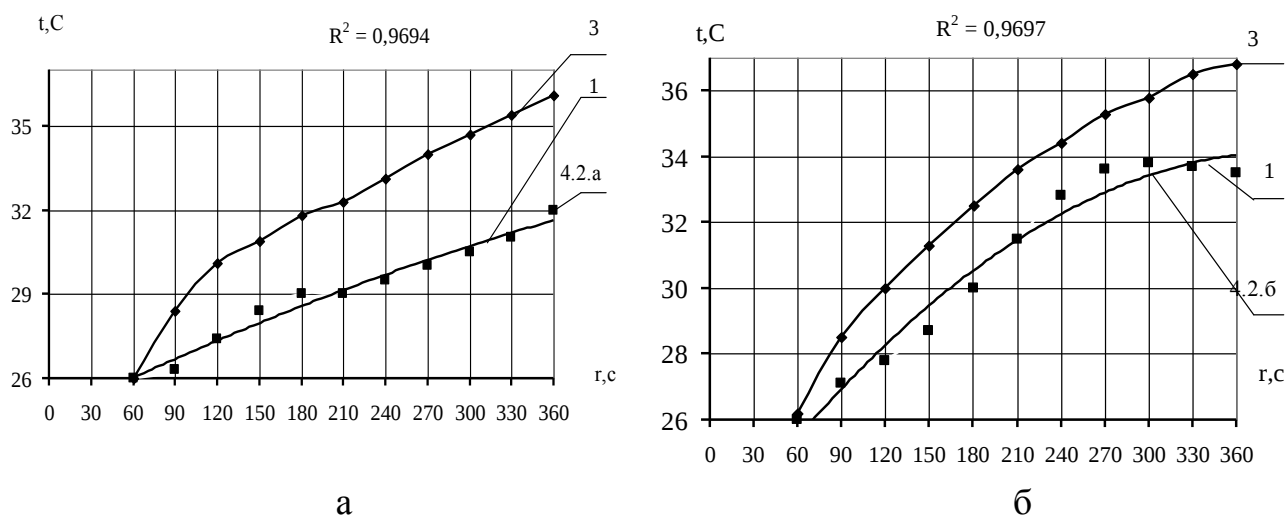


Рис.4.2. Зміна температури тіста за вологості тіста: а — W 43%; б — W 45 %; 1 — місильного органа нової конструкції; 3 — базового місильного органа;
4.2.а — апроксимована крива $t = -2 \cdot 10^{-05} \tau^2 + 0,03\tau + 24,39$;
4.2.б — апроксимована крива $t = -8 \cdot 10^{-05} \tau^2 + 0,06\tau + 22,11$.

— протягом наступних 60 с. настає другий період замісу — утворення тіста. До закінчення часового проміжку зростання температури становить $2,7^{\circ}\text{C}$;

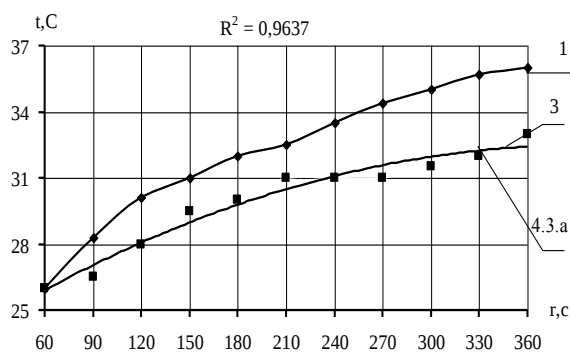
— у процесі аналізу графіків із 180 с. замісу тіста спостерігається третій етап замісу тіста. Збільшення температурного режиму визначається лінійною залежністю. Інтенсивний вплив на тісто супроводжується процесами внутрішнього тертя.

Зміну температурного режиму за вологості тіста 43 % досить точно підтверджують результати теоретичних розрахунків. Рівність температур тіста в початкових умовах замісу пояснюється рівністю вихідних температурних станів компонентів і недостатнього розподілу вологості по тісту. Надалі в процесі замісу тіста ці характеристики набувають рівномірно розподіленого характеру. Простежимо зміну температурного режиму за вологості тіста 45 % від впливу місильного органа.

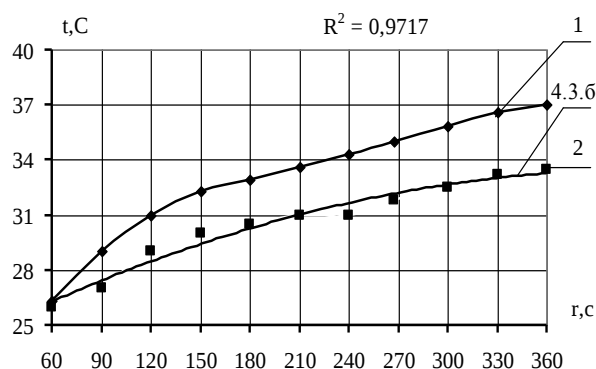
Аналіз графіків (рис. 4.2. а,б, табл. 4.2) дає можливість зробити такий висновок:

— зміна температурного режиму тіста у процесі замісу тіста за вологості 45 % має такий самий характер, як і за вологості 43 %. Ці залежності можна описати теоретично.

Застосування місильного органа нової конструкції має перевагу, тому що забезпечує такі зміни в тісті: збільшуються в'язкість, пружно-пластичні властивості, що є передумовою зниження витрати енергії під час замісу тіста.



а



б

Рис.4.3. Зміна температури тіста за початкової температури води, використовуваної для замісу тіста: а — 30 °С; б — 35 °С;
1 — місильного органа нової конструкції; 3 — базового місильного органа; 4.3, а — апроксимована крива $t = -6 \cdot 10^{-05} \tau^2 + 0,05\tau + 23,68$;
4.3, б — апроксимована крива $t = -5 \cdot 10^{-05} \tau^2 + 0,05\tau + 23,68$.

Опрацювання результатів експериментальних досліджень (рис. 4.3) виявило вплив тривалості замісу тіста на зміну температурного режиму тіста. Відомо, що температура тіста є визначальним чинником під час замісу тіста. Якщо буде потреба прискорення утворення колоїдів, заміс тіста доцільно проводити при високій температурі; якщо потрібно сповільнити процеси й при цьому одержати пластичне тісто, необхідно знизити температуру тіста. Аналіз графіків (рис. 4.3) зміни температури дає можливість зробити такі висновки:

- протягом першого періоду зміщуються вихідні компоненти і визначається залежність температури тіста від величини температурних складових. Температура при цьому безупинно змінюється, тому виміряти її можна тільки після 60 с. процесу замісу тіста, вона становить 27,3 °С у всіх випадках;

- другий період процесу замісу тіста, з 60 с. по 120 с., відбувається інтенсивне зростання температури, її зміна й вирівнювання за об'ємом тіста. Спостережувані температурні зміни тіста можна описати рівнянням другого порядку;

- третій період характеризується лінійним зростанням температури тіста, яке пояснюється станом структурно-механічних властивостей тіста й залежить від процесів, що відбуваються під час замісу тіста;

- зростання температури тіста у разі використання базового місильного органа більш динамічний, ніж для місильного органа нової конструкції;

- у разі використання місильного органа нової конструкції можна одержати пластичне тісто, що дає переваги;

- температура тіста під впливом базового місильного органа вища у всьому періоді замісу тіста, що призводить до додаткових енерговитрат.

Таблиця 4.2

Зміна температури тіста (°C).

№ п / п	Тривалість замісу тіста, с.	Місильного органа нової конструкції				Базового місильного органа			
		За вологості тіста		Початкової температури води		За вологості тіста		Початкової температури води	
		43 %	45 %	30 °C	35 °C	43 %	45 %	30 °C	35 °C
1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2	30	-	-	-	-	-	-	-	-
3	60	26	26,	26	26	26	26,2	26,2	26,3
4	90	26,3	27,1	26,5	27	28,4	28,5	28,3	29
5	120	27,4	27,8	28	29	30,1	30	30,1	31
6	150	28,4	28,7	29,5	30	30,9	31,3	31	32,3
7	180	29	30	30	30,5	31,8	32,5	32	32,9
8	210	29	31,5	31	31	32,3	33,6	32,5	33,6
9	240	29,5	32,8	31	31	33,1	34,4	33,5	43,3
10	270	30	33,6	31	31,8	34	35,3	34,4	35
11	300	30,5	33,8	31,5	32,5	34,7	35,8	35	35,8
12	330	31	33,7	32	33,2	35,4	36,5	35,7	36,6
13	360	32	33,5	33	33,5	36,1	36,8	36	37

Відомо, що зміна температурного режиму прямо пов'язана з витратами енергії на процес замісу тіста. Проведена експериментальна оцінка рівнянь (3.6 і 3.7). У цілому отримані результати експериментальних досліджень дають можливість вважати, що із застосуванням місильного органа нової конструкції у тістомісильній машині періодичної дії можна скоротити період процесу замісу тіста й одержати тісто з високими якісними показниками.

4.1.2. Вплив технічних даних на затрати потужності привода тістомісильної машини. Отримані в ході експерименту дані (рис. 4.4, рис.4.5 табл. 4.3) показали, що енергія, витрачувана на привід місильного органа, залежить не тільки від впливу й від характеристик середовища тіста. Залежність витрат енергії на заміс від вологості описується графіком степеневі функції з позитивним раціональним показником. Експерименти проводилися за вологості тіста 43 %. Розглянемо зміни експериментальних даних для вологості 43 %.

— у початковий період, 30 с., відбувається зріст витрачуваної енергії. Витрати енергії для базових і нової конструкції місильних органів перебувають на однаковому рівні, відбувається змішування компонентів, складові перебувають в об'ємі діжі нерівномірно;

— другий період, 60 с. — 120 с., характеризується подальшим зростом витрати енергії. Залежність витрат потужності, переданої через місильний

орган у тісто, показана на даній ділянці лінійно. Зріст кривих графіка пов'язаний зі збільшенням в'язкості тіста;

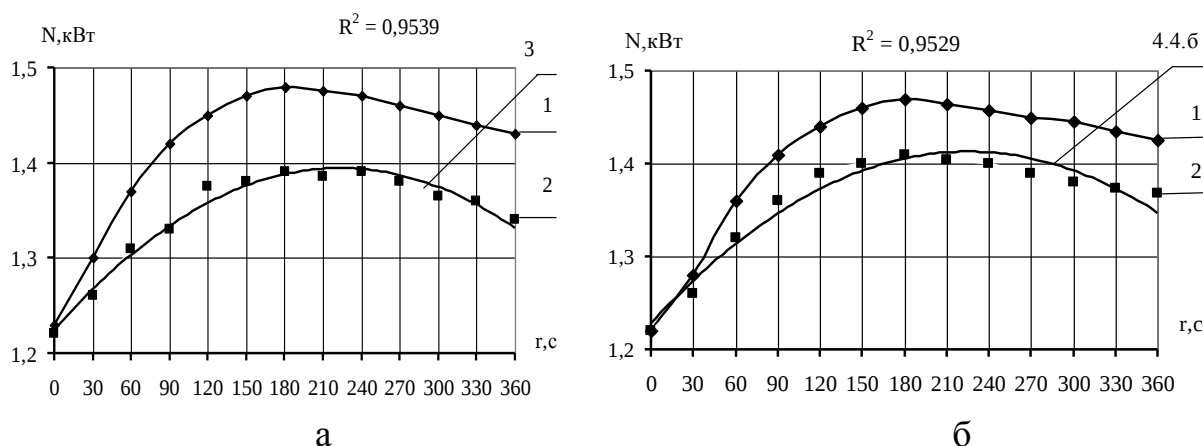


Рис.4.4. Витрати енергії на заміс тіста початкової температури води, використовуваної для замісу тіста: а — 30 °С; б — 35 °С;

1 — місильного органа нової конструкції; 2 — базового місильного органа; 4.4, а — апроксимована крива $N = -3 \cdot 10^{-6} x^2 + 0,01x + 1,23$;

4.4, б — апроксимована крива $N = -4 \cdot 10^{-6} \tau^2 + 0,01\tau + 1,23$.

— третій період, 180 с. і далі, можна описати в такий спосіб: максимальне споживання енергії спостерігається на 180 с. процесу замісу тіста. У цей момент тісто має клейковинну структуру й структурно-механічні властивості, які є оптимальними. Надалі витрата енергії знижується.

Подальше продовження процесу замісу тіста недоцільне через те, що призводить до ефекту розслаблення консистенції тіста. Причому витрата енергії при використанні місильного органа нової конструкції йде протягом усього процесу змішування нижче, ніж при застосуванні базового. Порівняння двох графіків показали, що застосування базового і нової конструкції місильних органів тістомісильної машини періодичної дії дає можливість знизити енерговитрати, при цьому одержати тісто з високоякісними показниками.

Аналіз експериментальних даних виявив встановлення взаємозв'язку між температурою витрачуваної води і споживаною енергією у процесі замісу тіста. Вона є визначальною ланкою у загальній картині технологічної операції. При загальноприйнятій температурі 32°С води і вихідної температури тіста досліджувалися можливості зміни загальноприйнятих норм. Крок температури в 5°С здійснений з метою вивчення впливу температури на технологічний процес. Досліди проводилися у режимі відповідної технологічної операції замісу тіста, з технічними параметрами тістомісильної машини Л4-ХТВ: температурі борошна 20 — 22°С та аналізованої температури води 30°С і 35°С. Аналіз отриманих результатів експериментів за витратою енергії на заміс тіста при використанні води з початковою температурою 30°С дозволив дійти таких висновків:

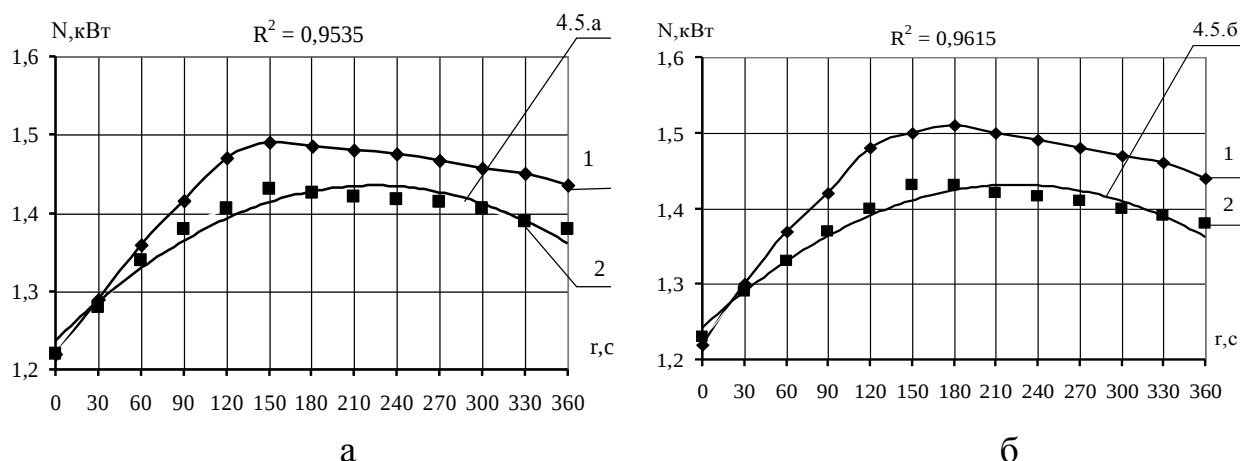


Рис.4.5. Витрати енергії на заміс тіста за вологості тіста: а — W 43%; б — W 45 %; 1 — місильного органа нової конструкції; 2 — базового місильного органа;
 4.5.а — апроксимована крива $N = -4 \cdot 10^{-6} \tau^2 + 0,01\tau + 1,24$;
 4.5.б — апроксимована крива $N = -4 \cdot 10^{-6} \tau^2 + 0,02\tau + 1,24$.

— на початковому етапі, до 120 с., змішування тіста відбувається лінійне зростання витрат енергії. Структура клейковинного скелета тіста у даний період має нерівномірний характер. Виникає спрямований тепловий режим, що веде до стабільного рівномірного розподілу структури тіста. Інтенсивність впливу в цьому разі непропорційна витраті енергії;

— у наступні 60 с. на графіках спостерігається максимум витрати енергії. Температурний розподіл починає приводити до рівномірного стабільного структуроутворення у перемішуваному об'ємі. Характер енергетичного впливу на тісто в даний період має екстремум максимуму;

— протягом наступного тимчасового проміжку спостерігається зниження енерговитрат, що свідчить про стабільне структуроутворення, рівномірність структури тіста. Спостерігається зміцнення зв'язків клейковинного каркаса тіста, поява стабільних міжмолекулярних зв'язків у перемішуваному об'ємі.

Енергетичне споживання у ході процесу замісу тіста при температурі використовуваної води 30°C задовольняє всі пропоновані вимоги до тістоприготування. Аналіз графіків (рис. 4.5), температура води, застосовуваної під час замісу 35°C дає можливість зробити такі висновки:

— зміни витрати енергії під час замісу тіста мають подібний характер, як і в разі застосування води з температурою 30°C;

— форма кривих найточніше описує енерговитрати в процесі замісу тіста. Інтенсивний механічний вплив на тісто призводить до стабільної рівномірної структури клейковинного каркаса тіста, утворення й зміцнення оптимальної форми міжмолекулярних зв'язків тіста. Характер зміни витрати енергії той самий, а витрати менші. Витрата енергії зменшена в порівнянні з попереднім експериментом.

Таблиця 4.3

Витрати енергії на заміс тіста (кВт).

№ п / п	Тривалість замісу тіста, с.	Місильного органа нової конструкції				Базового місильного органа			
		За вологості тіста		Початкової температури води		За вологості тіста		Початкової температури води	
		43 %	45 %	30 °C	35 °C	43 %	45 %	30 °C	35 °C
1	0	1,22	1,23	1,22	1,22	1,22	1,22	1,23	1,22
2	30	1,28	1,29	1,26	1,26	1,29	1,3	1,3	1,28
3	60	1,34	1,33	1,31	1,32	1,36	1,37	1,37	1,36
4	90	1,38	1,37	1,35	1,36	1,415	1,42	1,42	1,41
5	120	1,405	1,4	1,38	1,39	1,47	1,48	1,45	1,44
6	150	1,43	1,43	1,39	1,4	1,49	1,5	1,47	1,46
7	180	1,426	1,43	1,39	1,41	1,486	1,51	1,48	1,47
8	210	1,42	1,42	1,385	1,404	1,48	1,5	1,475	1,464
9	240	1,417	1,415	1,38	1,4	1,475	1,49	1,47	1,458
10	270	1,414	1,41	1,375	1,39	1,468	1,48	1,46	1,449
11	300	1,405	1,4	1,365	1,38	1,457	1,47	1,45	1,445
12	330	1,39	1,39	1,36	1,373	1,45	1,46	1,44	1,435
13	360	1,38	1,38	1,34	1,368	1,436	1,44	1,43	1,426

Проведена експериментальна оцінка рівнянь (3.3, 3.14, 3.21 і 3.22). Теоретичні й експериментальні графіки збігаються, тобто експериментальні дослідження підтвердили висловлену раніше систему тістоприготування. Під впливом місильного органа нової конструкції тістомісильної машини періодичної дії спостерігається зниження витрат енергії.

4.2. Дослідження системи тістоприготування

Використання математичної моделі енергетичного балансу тістоприготування, обґрунтування оптимальних параметрів проходження процесу замісу тіста і раціонального технічного впливу на тісто вимагає експериментального підтвердження вірогідності системи тістоприготування. При дослідженні процесу бродіння були відібрані наступні показники: кислотонакопичення, об'єм тіста, структурно-механічні параметри тіста, об'єм вуглекислого газу, що виділився у процесі бродіння.

Паралельно з вимірюванням параметрів, які характеризують протікання процесу бродіння тіста, проводили: уточнення теоретичних залежностей, уточнення коефіцієнтів запропонованих рівнянь, перевірку достовірності наукових передумов, визначення характеристик факторів і функцій залежностей. При досліджуванні масиву експериментальних значень урахувалася можливість детально вивчити й проаналізувати суть процесів,

що відбуваються під час замісу тіста. Аналіз отриманих експериментальних даних тістоприготування здійснювався з використанням: енергетичного впливу на тісто, конструктивного виконання тістомісильної машини, тістоприготування при обліку $A_{гид}$ і визначення показників ефективності (рис.3.1). Детальне вивчення експериментальних даних дало можливість виявити такі взаємодії.

4.2.1. Зміни титрованої кислотності тіста залежно від тривалості бродіння тіста. Аналіз експериментальних даних зміни титрованої кислотності тіста показав, що вона є показником якості продукції, що визначає смакові властивості й ступінь свіжості тіста. Вихідний титрований рівень кислотності тіста визначається більшою мірою вихідними параметрами борошна. Під час проведення технологічного процесу в межах стандартів збільшення титрованої кислотності у порівнянні із титрованою кислотністю борошна не повинно перевищувати 10-13 %. Опрацювання експериментальних даних дає можливість зробити такі висновки (рис. 4.6, табл. 4.4):

— протягом першої 1 год. швидкість зростання титрованої кислотності мала й істотно не змінюється. На даному етапі реакція кислотоутворювальних речовин непомітна;

— у наступні 2,25 год. спостерігається зміна в кислотонакопиченні, швидкість реакцій зростає. Загальна тенденція зростання титрованої кислотності тіста спостерігається після 1,5 год., інтенсивність дозрівання тіста має нелінійний характер і значно зростає.

Аналіз отриманих експериментальних даних показав, що застосування пропонованого місильного органа дає переваги з дотриманням тенденції до зниження енерговитрат на процес замісу тіста, оскільки він дає можливість підвищити якісні показники тіста.

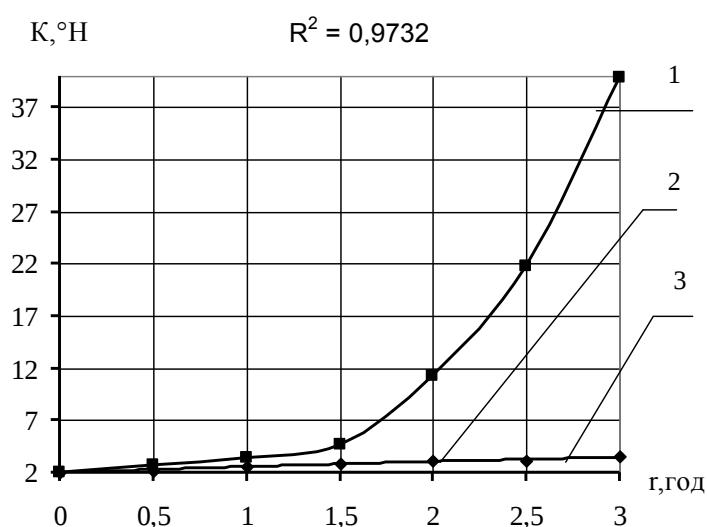


Рис.4.6. Зміна титрованої кислотності тіста залежно від тривалості впливу місильного органа: 1 — теоретична крива; 2 — місильного органа нової конструкції;

3 — апроксимована крива $K = -0,04\tau^2 + 0,62\tau + 1,96$.

Таблиця 4.4

Зміни титрованої кислотності тіста від тривалості бродіння тіста(°Н).

№ п/п	Показники	Тривалість бродіння, год.						
		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
1	Місильний орган нової конструкції	2	2,2	2,5	2,9	3,1	3,1	3,5
2	Теоретичний	2	2,75	3,4	4,72	11,2	21,8	39,8

Після проведення серії експериментів було уточнене рівняння, що описує залежність кислотності тіста у період бродіння тіста від інтенсивності замісу.

$$K_m = K_0 + 1,4 \cdot 10^{-3} v_{\text{кп}} \tau M p_T \frac{\tau_{\text{бр.т}}^3}{\tau_{\text{бр.о}}} \quad (4.1)$$

Підтверджено правильність висунутих теоретичних припущень. Проведений аналіз дослідів продемонстрував експериментальне підтвердження пропонованої системи тістоприготування, визначив напрямок подальших досліджень.

4.2.2. Перетворення пружних властивостей тіста від тривалості бродіння тіста. Аналізовані якості є невід'ємною частиною структурно-механічних властивостей і вони відбивають величину готовності тіста. Виявлений комплексний взаємозв'язок технічних факторів і часу обробки відбиває інтенсивність впливу на тісто в процесі замісу. При цьому перший фактор характеризує грань, що відбиває оптимальність поєднання технічної можливості тістомісильної машини періодичної дії й особливості рішення замісу тіста, а другий фактор — тривалість впливу на оброблюваний матеріал.

Детальний аналіз дає можливість знайти оптимальний рівень їхнього поєднання. Пружні властивості аналізувалися й вивчалися у період першої години бродіння тіста після замісу. Аналіз залежностей виміру структури тіста в процесі бродіння, (рис. 4.7, табл. 4.5), дає можливість зробити такі висновки:

— протягом перших 0,5 год. відбувалися значні зміни пружних властивостей. На даному етапі зменшується показник в'язкості, що, у свою чергу, сприяє зменшенню частки води в тісті. Спостерігається процес зміцнення міжмолекулярних зв'язків клейковини. Зміни пружних властивостей мають квадратичний характер;

— у наступні 1,5 год. відбувається вповільнення зростання пружних властивостей і вони поступово наближаються до постійних значень. Відбувається значна зміна міжмолекулярних зв'язків клейковини, що свідчить про закінчення формування комплексу структурно-механічних властивостей. Досягнуто оптимальних значень пружних властивостей;

— протягом тимчасового проміжку після 2 год. спостерігається тенденція, що відбиває зниження зростання пружних властивостей. Тісто вже набуло оптимальних газо- і формоутримувальних параметрів, що в кінцевому підсумку дасть змогу легко здійснити подальші технологічні операції.

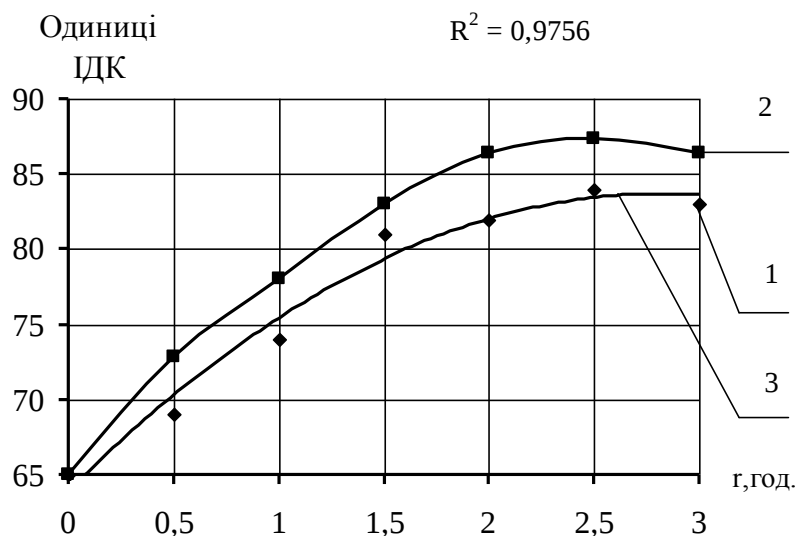


Рис.4.6. Зміна перетворення пружних властивостей тіста від тривалості замісу тіста: 1 — місильного органа нової конструкції; 2 — теоретична крива; 3 — апроксимована крива $N_y = -2,48\tau^2 + 14\tau + 63,91$.

Таблиця 4.5

Зміна пружних властивостей (розрив) тіста від тривалості бродіння тіста (одиниці ІДК).

№ п/п	Показники	Тривалість бродіння, год.						
		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
1	Місильний орган нової конструкції	65	69	74	81	82	84	83
2	Теоретичний	65	72,8	78	83	86,4	87,3	86,4

Для визначення пружних властивостей після проведення серії дослідів з використанням приведених вище теоретичних підходів отримано уточнене рівняння

$$N_y = N_0 + 3,8 \cdot 10^{-3} \mu B m S_1 n \frac{\tau_{бр.г}^2}{\tau_{бр.о}}. \quad (4.2)$$

Отже, застосування у тістомісильній машині місильного органа нової конструкції дає можливість одержати пружні оптимальні властивості тіста, прискорити процес тістоприготування й одночасно домогтися підвищення його якості. Одержано підтвердження висунутої теорії. Проведений аналіз дослідів продемонстрував експериментальне підтвердження пропонованої системи тістоприготування, визначив напрямок подальших досліджень.

4.2.3. Залежність виділення вуглекислого газу від тривалості бродіння тіста. Під час аналізу підвищення інтенсивності виділення вуглекислого газу в процесі бродіння тіста виявлено, що він є одним із факторів, що визначає надалі структуру й смакові якості хліба. Тому варто враховувати, що тісто до наступної технологічної операції за своїми газоутворювальними показниками відповідає всім вимогам. Газовиділення у вже готовому тісті до початку періоду розшарування повинно підходити з оптимальною інтенсивністю, зумовленою застосовуваною технологією. Аналіз експериментальних даних (рис. 4.7, табл. 4.6) дає можливість зробити такі висновки:

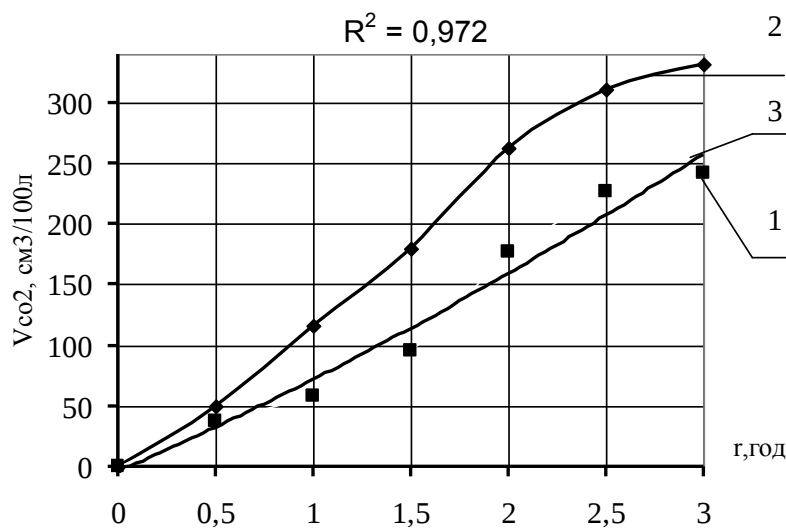


Рис.4.7. Зміна виділення вуглекислого газу від тривалості бродіння тіста: 1 — місильного органа нової конструкції; 2 — теоретична крива; 3 — апроксимована крива $V_2 = 5,69\tau^2 + 70,22\tau - 4,16$.

Таблиця 4.6

Зміна виділення вуглекислого газу від тривалості бродіння тіста (см³/100л).

№ п/п	Показники	Тривалість бродіння, год.						
		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
1	Місильний орган нової конструкції	-	50,3	115,5	180,2	263,1	310,5	331,1
2	Теоретичний	-	38	58	96	177	227	241,7

— найсильніше виділення вуглекислого газу спостерігалось протягом перших 0,5 год. На даному етапі найяскравіше виражені біохімічні реакції перетворення цукру в спирт і вуглекислий газ. Їхня сутність полягає у збільшенні бульбашок газу, що одночасно витягують клейковину. У результаті тісто стає пористим і збільшується в об'ємі;

— у наступні 2 год. швидко виділення газу, на що значно впливає “сила” борошна, густе або рідке тісто, знижується газоутримувальна сила клейковини. Далі інтенсивність накопичення вуглекислого газу знижується.

Для визначення пружних властивостей, після проведення серії дослідів з використанням приведених вище теоретичних підходів, отримано рівняння

$$V_2 = \frac{M\Delta t C_T n \tau V_1 A_3^1}{T_1(m_T c_T + m_M c_M)} \left[1,6 \cdot 10^{-3} \frac{\tau_{бр.т}^2}{\tau_{бр.о}} \right]. \quad (4.3)$$

Аналіз експериментальних досліджень дає можливість зробити висновок, що застосування нового місильного органа тістомісильної машини періодичної дії дає перевагу. Проведена серія експериментів підтверджує точність і взаємозв'язок теорії та експерименту.

4.2.4. Зміни об'єму тіста від тривалості бродіння тіста. Аналізовані якості об'єму тіста є невід'ємною частиною властивостей тіста, і вони відбивають величину готовності. Відмінності та їхні перетворення аналізувалися після завершення періоду замісу тіста. Виявлено комплексний взаємозв'язок технічних факторів і часу обробки, що відбиває інтенсивність впливу на тісто в процесі замісу. При цьому перший фактор характеризує грань, що відбиває оптимальність поєднання технічної можливості тістомісильної машини й особливості рішення замісу тіста, а другий фактор — тривалість бродіння тіста. Детальний аналіз дає можливість знайти оптимальний рівень їхнього поєднання. Властивості тіста аналізувалися й вивчалися у період бродіння тіста.

Розглянемо зміни експериментальних даних для об'єму тіста. Аналіз даних (рис. 4.8, табл. 4.7) показав, що закономірність зміни об'єму тіста описується:

— у початковий період протягом 1,5 год. спостерігається зростання об'єму тіста. Зміни графіків для стандартних й експериментальних місильних органів перебувають на однаковому рівні. Складові перебувають в об'ємі діжі рівномірно. Відбувається активне структурування енергії тіста, збільшується тепловий баланс системи:

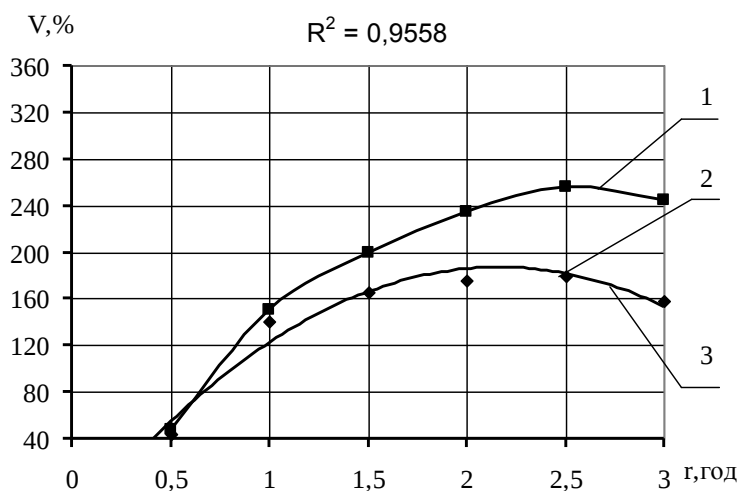


Рис.4.8. Зміна об'єму тіста від тривалості бродіння тіста: 2 — теоретична крива; 2 — місильного органа нової конструкції; 3 — апроксимована крива $V = -48,07\tau^2 + 208,02\tau - 38,1$.

— у наступний часовий проміжок, 1,5 — 2,5 год., відбувається зниження темпів інтенсивності зміни досліджуваних властивостей. Зріст характеристик знижується. Значення величини властивостей тіста через зменшення температурного впливу й вирівнювання об'єму тіста по всьому об'єму стабілізується. Подальшу зміну показників тіста можна пояснити зменшенням впливу на тісто механічної енергії, яка передається від тістомісильної машини місильним органом;

— протягом тимчасового проміжку після 2,5 год. спостерігається тенденція, що відбиває зниження зростання об'єму тіста. Тісто вже набуло оптимального об'єму і формотримувальних параметрів, що в кінцевому підсумку дасть змогу легко здійснити подальші технологічні операції.

Таблиця 4.7

Зміна об'єму тіста від тривалості бродіння тіста (%).

№ п/п	Показники	Тривалість бродіння, год.						
		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
1	Місильний орган нової конструкції	-	45	140	166	175	179	158
2	Теоретичний	-	48	74,5	117,6	177,9	255,5	350,3

Подальше продовження росту процесу об'єму тіста недоцільне через те, що приводить до ефекту розслаблення консистенції тіста. Після проведення серії експериментів було уточнено рівняння (3.99), одержано рівняння, що описує закономірності зміни об'єму тіста у період бродіння тіста від інтенсивності замісу тіста

$$V = V_0 + 1,4 \cdot 10^{-3} \rho_t M \frac{\tau_{\text{бр.т}}^2}{n - \tau}. \quad (4.4)$$

Дані експериментальних досліджень дають можливість дійти висновку, що застосування нового місильного органа дає перевагу. Порівняння двох графіків (рис.4.7) показали, що застосування пропонованого місильного органу тістомісильної машини дає можливість отримати максимальний об'єм тіста, при цьому одержати тісто з високоякісними показниками.

РОЗДІЛ 5

ПРАКТИЧНЕ ЗДІЙСНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сучасні тенденції тістоприготування висувають необхідність вирішення значних наукових і науково-технічних проблем, що охоплюють відразу декілька областей знань [108]. При розробці та впровадженні їх результатів у життя враховується досвід вирішення великих технічних завдань. Ці підходи доказують, що розв'язувати науковими методами найбільш ефективно вдається лише у тому випадку, коли науково – дослідницькі роботи організовуються іншим методом, ніж той, який дотепер вважався стандартним. Всі експерименти розглядаються за цілісною схемою: ідея; алгоритм; позитивні якості і недоліки, сфера доцільного застосування [109].

Теорія експерименту формує прийоми і способи оптимальної організації при дослідженнях. Застосування цих підходів дозволяє ефективно, з якнайменшими витратами вирішувати багато практичних важливих завдань: побудову за дослідницькими даними математичних моделей об'єктів і явищ, оптимізацію процесів, перевірку різних передумов [110]. Випробування проводилися за технічною і технологічною схемами приведеними на рис. 5.1.

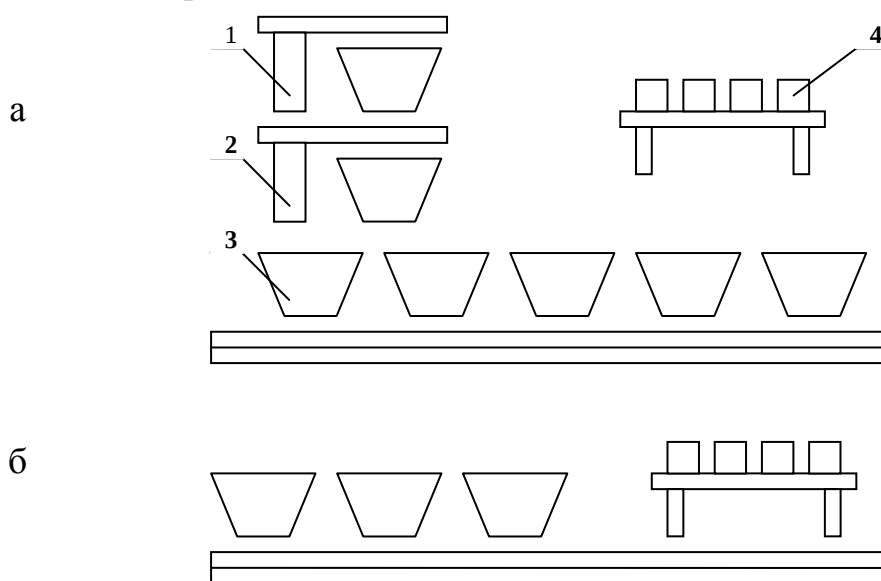


Рис.5.1. Машинно-апаратна схема за визначенням тістоприготування:
 а — тістоприготувальне відділення; б — бродильне відділення; 1 — тістомісильна машина періодичної дії Л4 – ХТВ із базовим місильним органом; 2 — тістомісильна машина періодичної дії Л4 – ХТВ із місильним органом нової конструкції; 3 — діжа; 4 — прилади для визначення характеристик тістоприготування.

Розглянуті методи дослідницької оптимізації розділені на дві групи: пошукові, засновані на попередньому вивченні експериментальної моделі

об'єкту, і ті, що описують його поведінку в області оптимуму. Вживаний технічний аналіз здійснювався для контролю якості продукції і ходу технологічного процесу: сукупності різних методів випробування, що застосовуються для визначення відповідності початкової сировини, матеріалів і готової продукції встановленим нормам, а також для контролю ходу технологічного процесу виробництва [120]. Виробниче устаткування відповідало вимогам ДСТУ і галузевих правил [121]. Експериментальна перевірка практичного здійснення результатів досліджень проводилася у виробничих умовах на підприємствах: ППСГ “Приморський” (м. Приморськ Запорізької обл.), ЧП “Квітень” (м. Мелітополь Запорізької обл.) (додаток Д). Наведена машинно-апаратна схема визначення кількісних і якісних перетворень у ході тістоприготування. Вона базується на використанні технології приготування хліба “Таврійський”. У ході технологічного процесу визначалися параметри системи тістоприготування.

5.1. Особливості конструкції і роботи місильного органа нової конструкції

Проблеми хлібопечення тісно пов'язані з якістю тіста. Основним показником тістоприготування вважається стан виробництва і його якісний потенціал. Прогнозування якості тістоприготування ґрунтується на виборі енергетичної дії у ході замісу тіста [60].

Дослідження проводилися на тістомісильній машині Л4-ХТВ з різними місильними органами, початкові значення експериментів приведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Початкові значення

№ п/ п	Показники	Тістомісильна машина Л4-ХТВ із місильним органом		Відхилення параметрів %
		базовим	новим	
1	Продуктивність, кг/г	550	550	-
2	Об'єм діжі, л.	140	140	-
3	Номинальна потужність приводу/ траверси, кВт.	1,5/0,37	1,5/0,37	-
4	Габаритні розміри (довжина× ширина×висота),мм.	1245×850× 1100	1245×850× 1100	-
5	Маса, кг.	375	375	-
6	Обслуговуючий персонал, чол.	1тістороб	1тістороб	-
7	Режим роботи, змін у добу	1	1	-
8	Вартість тістомісильної машини, грн.	8625	8625	-

Експерименти проводилися на підприємствах малої потужності відповідно до діючих норм технологічного процесу. Склади, виробничі, допоміжні і побутові приміщення забезпечували: умови для зберігання сировини і готової продукції, ведення технологічного процесу, допустимі умови праці, необхідні побутові умови [120]. На підприємствах здійснювався лабораторний технохімічний контроль. Контроль на виробництві починався з сировини, що поступає на підприємство, води, допоміжних і таропакувальних матеріалів. Вони відповідали вимогам діючих стандартів, технічних умов, медико-біологічним вимогам, мали гігієнічні сертифікати або якісні посвідчення. Вхідному контролю підлягала вся сировина, що поступила на підприємство відповідно до переліку, в якому встановлено, яка сировина за якими показниками підлягає контролю [121].

Відхилення параметрів тістомісильної машини періодичної дії Л4-ХТВ із стандартним місильним органом і новим місильним органом відсутні. Різниця полягає у дії місильного органа на тісто шляхом технічного та технологічного впливу, ґрунтованого на системі тістоприготування. Тісто замішувалося за стандартною технологією з урахуванням рецептури хліба. Час впливу на тісто й інтенсивну обробку визначався відповідно до розробленої методики проведення експерименту. Місильний орган нової конструкції пропонується для заміни використовуваних місильних органів, що випускаються масово й узятих у розрахунках як базові. На підставі випробувань, проведених на ППСГ “Приморський”, НП “Квітень”, ВАТ “МеЗТГ”, ПНВП “Кермек” пропонується модернізація тістомісильних машин, у яких використовується спіралеподібний місильний орган. Пропонований місильний орган нової конструкції представлений на рис.5.2.

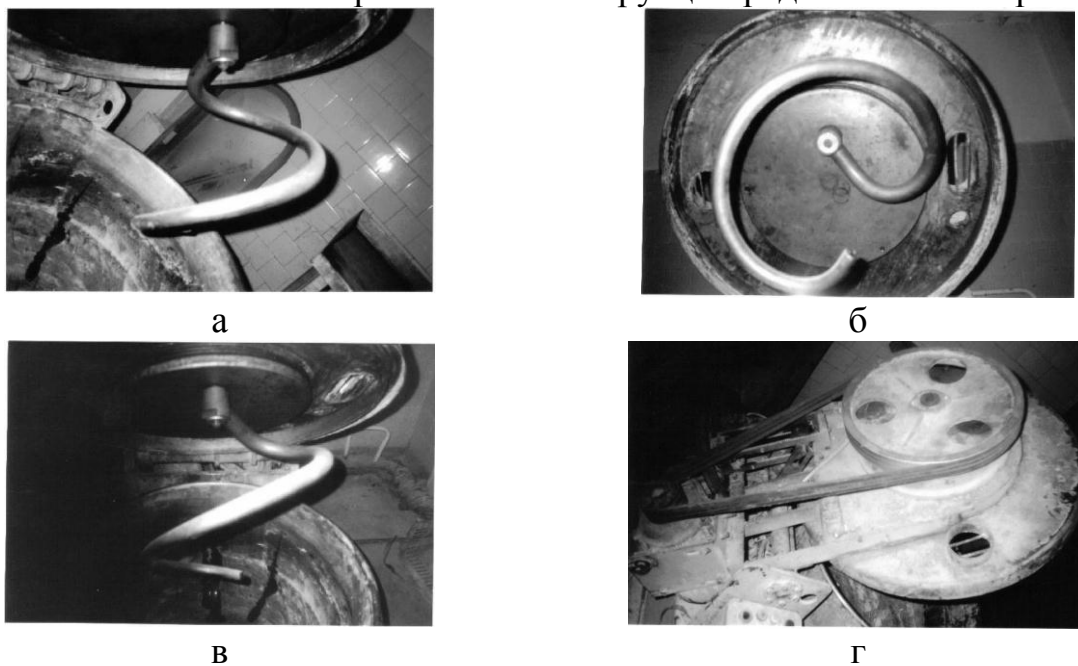


Рис.5.2. Вигляд місильного органа нової конструкції: а — праворуч; б — знизу; в — ліворуч; г — привод місильного органа нової конструкції.

Три види вигляду місильного органа нової конструкції і вигляд приводу місильного органа нової конструкції дають повне уявлення про застосування модернізації тістомісильної машини періодичної дії Л4-ХТВ. В основу позитивної моделі поставлене завдання вдосконалення конструкції місильного органа тістомісильних машин періодичної дії, у якому за рахунок конструкції місильного органа тістомісильних машин періодичної дії забезпечуються:

- рівномірне завантаження потужності приводу місильного органа шляхом вибору оптимального балансу сили тертя тіста;
- сили тиску тіста на місильний орган, сили адгезії, сили пружності й сили приводу місильного органа;
- вдалий баланс діючих моментів сил за перетином місильного органа.

За рахунок цього знижується витрата електроенергії, підвищується надійність приводу місильного органа, одночасно скорочується час випуску хліба, дозрівання тіста й опари, утворюється тісто з більш високоякісними показниками — все це дає зниження собівартості готових виробів. Досягнуті показники технологічного процесу при виробництві хліба “Таврійський” представлені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Технологічні показники

№ п / п	Показники	Тістомісильна машина Л4-ХТВ із місильним органом		Відхилення параметрів %
		базовим	новим	
1	Завантаження діжі борошном, кг, не більше	50	50	-
2	Тривалість процесу замісу тіста, с.	240	200	-16,7
3	Загальні втрати компонентів від тістоприготування, %.	11,86	9,6	-2,26
4	Витрати борошна, т.	6026	6777	+11,1
5	Витрати на борошно, грн.	3,37	3,79	+12,5
6	Час бродіння тіста, год.	2,5	2,25	-11,1
7	Пористість, %.	70	72	+2,9
8	Питомий обсяг, $\frac{\text{см}^3}{100\text{г}}$.	269	273	+1,5
9	Вихід хліба, %	135,0	137,3	+1,7
10	Рівномірність замісу	Дрібна, однорідна	Дрібна, з наявністю великих пор	

Комплексне застосування нового місильного органа та системи тістоприготування дало змогу скоротити технологічні витрати і підвищити

Місильний орган функціонує у такий спосіб. Діжу закривають на фундаментну плиту до упору. Замикаються ФІКСАТОРИ. Діжа блокується. Вмикається електродвигун траверси, вона опускається у робоче положення. Відбувається герметизація діжі. Одночасно в діжу вводиться місильний орган. На таймері, встановленому в пульт керування, фіксують тривалість часу замісу. Місильний орган робить обертальний рух навколо своєї вісі й планетарний рух навколо центральної вісі діжі. Відбувається заміс тіста протягом встановленого часу.

Комплексне застосування нового місильного органа та системи тістоприготування дало змогу скоротити технічні витрати й підвищити якість тіста. Оскільки зміна агрегатних станів протягом замісу тіста є багатфакторним, багатокроковим процесом, фізичний стан якого змінюється у часовому проміжку, то поставлені завдання виконувалися поетапно. У кінцевому підсумку результати вимірів дали можливість оцінити вірогідність наукової концепції.

5.2. Визначення ефективності застосування запропонованого місильного органа нової конструкції

Установлення ефективності базового й місильного органа нової конструкції можливо тільки шляхом проведення порівняльного експерименту. З огляду на те, що для тістомісильної машини періодичної дії кінцевим вихідним продуктом є тісто, якісними показниками якого є “підйомна сила”, кислотність й об’єм тіста, ці три взаємозалежних фактори в кінцевому підсумку було взято за основу для визначення якості тіста в завершальному процесі замісу тіста. Вони дають можливість робити висновок про ефективність застосовуваних місильних органів. Результати досліджень приведені в табл. 5.1-5.6 і рис. 5.4.

Аналізуючи отримані результати, можна дійти таких висновків (табл. 5.4):

- із графіка (рис.5.4.а.), що відображає вплив пропонованого місильного органа, видно швидший зріст титрованої кислотності тіста в порівнянні зі стандартним місильним органом (рис. 5.4.а.) на 0,75 год. до оптимально припустимого значення 3 °Н і становить 2,2 год.;

- графік (рис.5.4.б.) показує, що зростання “підйомної сили” у місильного органа нової конструкції для даного типу тіста відбувається на 0,85 год. раніше, ніж у базового місильного органа (рис.5.4.б.);

- на графіку (рис.5.4.в.) зображено зростання об’єму тіста в пропонованого місильного органа. З аналізу зміни графіка видно, що об’єм тіста досягає оптимального рівня у районі 2,2 год., випереджаючи при цьому базовий місильний орган (рис.5.4.в.) на 10 %.

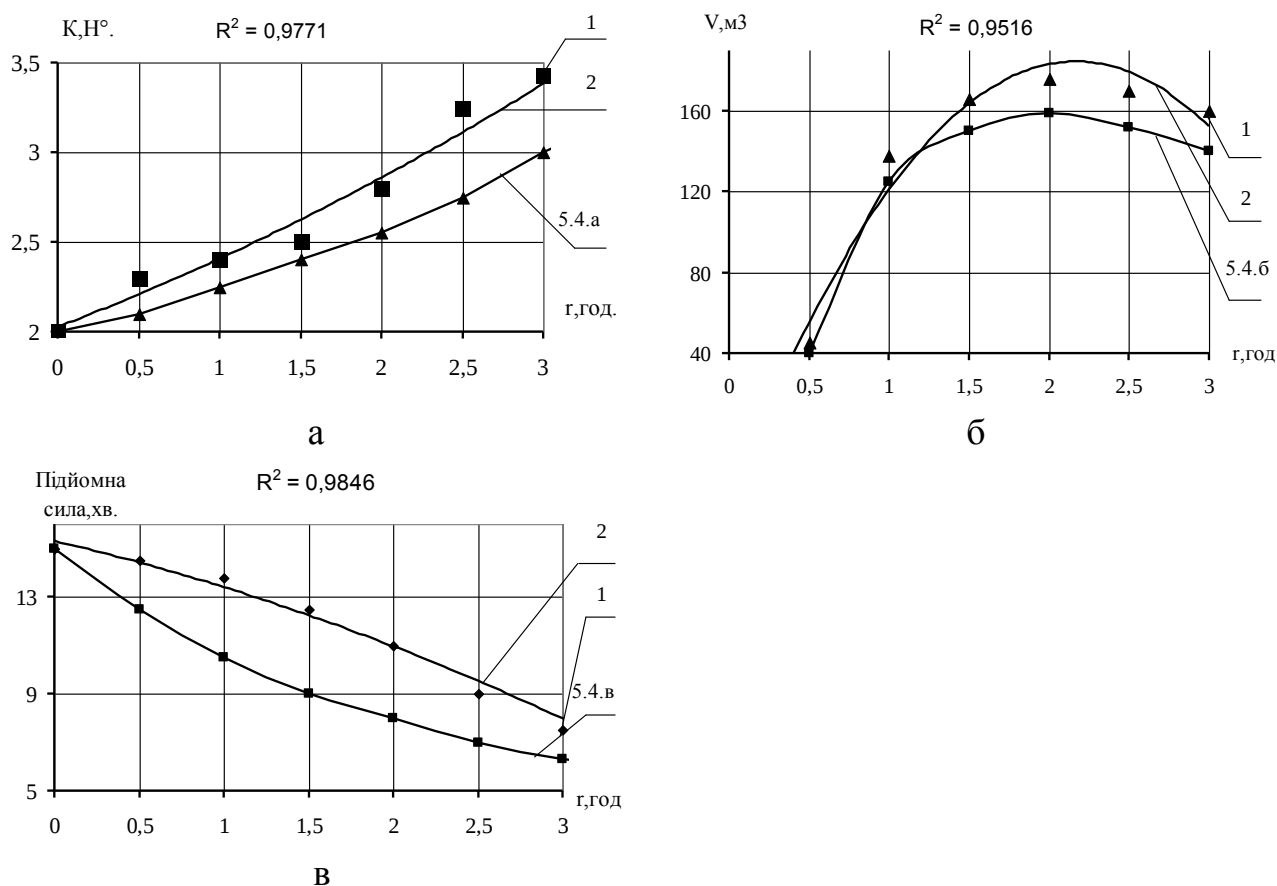


Рис.5.4. Графіки порівняльного експерименту (по тісту): а — зміна титрованої кислотності тіста; б — зміна "підйомної сили" тіста; в — зміна об'єму тіста; 1 — місильного органа нової конструкції; 2 — базового місильного органа;

5.4.а — апроксимована крива $K = 0,02\tau^2 + 0,17\tau + 1,01$;

5.4.б — апроксимована крива $V = -23,25\tau^2 + 100,83\tau - 17,05$;

5.4.в — апроксимована крива $ПС = -0,14\tau^2 - 0,82\tau + 7,65$.

Тобто під час замісу тіста місильним органом нової конструкції технологічні результати, що дають можливість тісту дозріти, досягаються на 0,5 год. раніше, ніж у разі застосування базового місильного органа [99,100]. У результаті практичних досліджень місильного органа нової конструкції досягнуто високих якісних характеристик тіста.

Економічний ефект від впровадження у технологічний процес досягається за рахунок створення оптимального перемішування продукту в робочому обсязі підкатної діжі, внаслідок чого відбувається рівномірне змішування інгредієнтів із досить інтенсивною обробкою всього обсягу маси при низьких, в деякій мірі, витратах приводної потужності і зменшення енерговитрат. Даний підхід сприяє поліпшенню якості й інтенсифікації технологічного процесу. У результаті дослідження впливу місильного органа, визначенні раціональних параметрів оптимального технологічного режиму замісу тіста, визначена доцільність приготування тіста новим місильним органом. Він дає змогу мінімізувати енерговитрати, забезпечує зниження втрат борошна і стабільну високу якість тіста (додаток Ж).

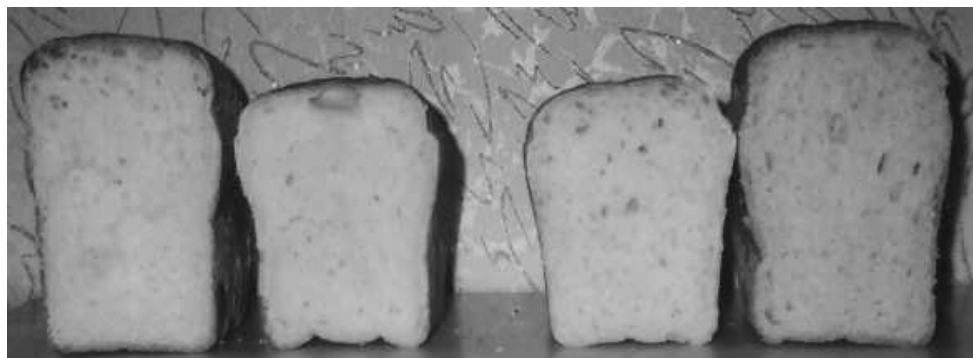
Таблиця 5.4

Дані порівняльного експерименту (по тісту)

№ п/п	Показники		Тривалість бродіння, год.						
			0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
1	Об'єм	Місильний орган нової конструкції	-	45	138	166	176	170	160
2		Базовий місильний орган	-	40	125	150	159	152	140
1	Підйомна сила	Місильний орган нової конструкції	15	14,5	13,8	12,5	11	9	7,5
2		Базовий місильний орган	15	12,5	10,5	9	8	7	6,3
1	Кислотність	Місильний орган нової конструкції	2	2,3	2,4	2,5	2,8	3,25	3,43
2		Базовий місильний орган	2	2,1	2,25	2,4	2,55	2,75	3

У подальшому було проведено розрахунки економічного ефекту нового місильного органа та системи прогнозування якісних показників при тісто приготуванні, які представлені в табл. 5.6.

Запропоновані для дегустації зразки виробів мали приємний зовнішній вигляд, достатньо пухку м'якушку з дрібною рівномірно-тонкостінною пористістю, глянцеvu світло-коричнеvu скоринку, притаманну даному виду хлібобулочних виробів, аромат і смак без стороннього присмаку й запаху, рис. 5.7.



1

2

Рис. 5.7. Вирізки хліба, приготовленого із тіста, замішаного:

1 – місильним органом нової конструкції;

2 – базовим місильним органом.

Дослідження показали, що застосування науково-обґрунтованого й розробленого місильного органа нової конструкції та системи тістоприготування, при виготовленні хліба "Таврійський" сприяє поліпшенню якості й збільшенню виходу виробів. Також використовувався органолептичний метод для оцінки характеристики смаку отриманого хліба [71].

Таблиця 5.6

**Річний економічний ефект від впровадження у виробництво
запропонованого місильного органа та системи тістоприготування**

№ п / п	Показники	До впровадження	Після впровадження	Відхилення параметрів, %
1	Обсяг виробництва хліба, тис. т.	8,136	9,306	+12,6
2	Повна собівартість хліба, тис. грн.	3548	3996	+11,2
3	Загальні витрати на виробництво хліба, тис. грн. У тому числі: Витрати на електроенергію, тис. грн. Витрати на тістомісильну машину, тис. грн. Витрати на поточний ремонт і запасні частини тістомісильної машини, тис. грн. Капітальні витрати на тістомісильну машину, тис. грн.	20500 553,0 3,79 1,85 1,01	21300 525,3 3,81 1,85 1,01	-3,7 -5,3 +3,7 - -
4	Повна собівартість буханки хліба, грн.	1,39	1,25	-11,2
5	Ціна реалізації 1т. хліба, тис. грн.	3,1	3,1	0
6	Виручка від реалізації, тис. грн.	25200	28800	+12,5
7	Прибуток від реалізації тис. грн.	4700	7500	+12,5
8	Фонд заробітної плати від впровадження нового місильного органа, тис. грн.	1,64	1,44	-11,2
8	Рівень рентабельності, %	22,9	35,2	+12,3

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лісовенко О.Т. Підсумки дослідження процесу замісу тіста на тістомісильній машині періодичної дії з лопатевою конічною спіраллю / О.Т. Лісовенко, В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. - Мелітополь: ТДАТА, 2000, Вип.1. Т.18. - С. 191-194.
2. Янаков В.П. Обґрунтування форми місильної лопаті тістомісильної машини періодичної дії / В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. - Мелітополь: ТДАТА, 2001. - Вип.2. Т.16. - С. 149-153.
3. Янаков В.П. Інтенсифікація процесу замісу тіста робочим (місильним) органом у ході тістоведення / В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. - Мелітополь: ТДАТА, 2005, - Вип.29. Т.31 - С. 118-123.
4. Янаков В.П. Шляхи інтенсифікації процесу тістоведення / В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. - Мелітополь: ТДАТА, 2005. - Вип.26. - С.21-27.
5. Ялпачик Ф.Ю. Оптимізація і раціональний підхід до досліджень замісу тіста для розрахунку машин періодичної дії / Ф.Ю. Ялпачик, В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. - Мелітополь: ТДАТА - 2006. - Вип.44. - С. 230-235.
6. Ялпачик Ф.Е. Исследование затрат энергии на работу в период замеса теста тестомесильной машиной периодического действия / Ф.Е. Ялпачик, В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. - Мелітополь: ТДАТА, - 2007. - Вип.7. Т.4. - С. 85-92.
7. Ялпачик Ф.Е. Специфика определения энергетики замеса теста для расчёта тестомесильных машин / Ф.Е. Ялпачик, В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. - Мелітополь: ТДАТА, - 2007. - Вип.7. Т.4. - С. 96-103.
8. Янаков В.П. Специфика методик энергетической модели тестоприготовления. / В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Агропанорама. - Мн. Бел. держ. аграр. техн. ун-т. 2009. №5. - С.27–30.
9. Ялпачик Ф.Е. Особенности применения фундаментальных теорий в энергетической модели тестоприготовления. / Ф.Е. Ялпачик, В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. - Мелітополь: ТДАТА, 2001. - Вип.7. Т.4. - С. 96-103.
10. Ялпачик Ф.Е. Анализ интенсификации приготовления теста. / Ф.Е. Ялпачик, В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. - Мелітополь: ТДАТА, - 2008. - Вип.10. Т.1. - С. 40-47.
11. Янаков В.П. Теоретичні дослідження вологості тіста в процесі його замісу. Проблемы конструирования, производства и эксплуатации

- сельскохозяйственной техники: междунар. науч.-практ. конф., (Кіровоград, 24-25 сентября 1999 г.) / М-во освіти і науки України, Кіровоград. держ. техн. ун-т. – Кіровоград. Кіровоград. держ. техн. ун-т. Загальнодерж. міжвідомчий наук.-техн. зб. - 1999. - Вип.28. - С. 223-229.
12. Янаков В.П. Энерготехнологическая модель тестоприготовления. Проблемы энергетической эффективности пищевых и химических производств: междунар. науч.-практ. конф., (Одесса, 7-11 сентября 2009 г.) / М-во освіти і науки України, Одеська нац. акад. харч. технологій. – О.: Наукові праці ОНАХТ. Випуск 35, том 2, 2009 серія Технічні науки. - С. 272 -276.
 13. Янаков В.П. Механизм реализации рабочих параметров и процесса тестомесильной машины при малых хлебопекарных производствах. Ринкові трансформації та економічний механізм підвищення ефективності підприємств аграрного сектора: міжнар. науч.-практ. конф., (Харків, 8-9 жовт. 2009 р.) / М-во аграр. політики України, Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – Х.: Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – 2009. тез.доп. - С. 377 – 379.
 14. Янаков В.П. Прогнозирование взаимосвязи качественных показателей теста в энергетической модели тестоприготовления. Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування: всеукр. науч.-практ. конф., (Харків, 21-22 жовт. 2009 р.) / М-во освіти і науки України, Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Х.: Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – 2009. тез.доп. - С. 187 – 191.
 15. Янаков В.П. Комплексна оцінка розвитку хлібопечення. Україна в умовах глобальної конкуренції: стратегія випереджаючого розвитку: всеукр. науч.-практ. конф., (Донецьк, 22-24 квіт. 2010 р.) / М-во освіти і науки України, Дон. нац. техн. ун-т. – Донецьк. Дон. нац. техн. ун-т. – 2010. тез.доп. – С. 392-394.
 16. Янаков В.П. Повышение эффективности экспериментальных исследований тестоприготовления. Екологізація сталого розвитку агросфери і ноосферна перспектива інформаційного суспільства: міжнар. науч.-практ. конф., молод. вчен., аспір. і студ. (Харьків, 4-5 жовт. 2010 р.) / М-во аграр. політики України, Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – Х.: Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – 2010. тез.доп. – С. 377 – 379.
 17. Янаков В.П. Проблемы энергосбережения у тістоприготуванні. Проблемы энергосбережения в агропромышленной та природоохранной сферах: міжнар. науч.-практ. конф., (Київ, 14-15 жовт. 2010 р.) / М-во аграр. політики України, Нац. ун-т. біоресур. і прир. – Нац. ун-т. біоресур. і прир. – 2010. електр. видан. "Енергетика і автоматика" №3 (5), 2010, 10.
 18. Yanakov V.P. Ways of improving quality of dough during the dough mixing process. "2010 AACC International Annual Meeting": міжнар. науч.-практ. конф. (Savannah Convention Center, Savannah, Georgia, U.S.A. 24-27

- October) / U.S.A. AACCC International Annual Meeting – 2010. tez.dop. – С. 50.
19. Янаков В.П. Проблеми управління хлібопекарним підприємством. / В.П. Янаков, В.О. Олексієнко, С.Д. Мазілін. Актуальні питання сучасної економіки: II всеукр. заочн. наук.-практ. конф., (Умань, 20-21 січн. 2011 р.) / М-во аграр. політики України, Уманс. нац. ун-т сад-ва. - Умань, Уманс. нац. ун-т сад-ва. – 2011. тез.доп. – ч.2. - С. 210 – 212.
 20. Пат. № 868, МПК⁷ А21 С1/02. Місильний орган для інтенсивного замісу тіста / О.Т. Лісовенко, І.А. Щербина, В.П. Янаков — Заявл. 01.08.2000; Опубл. 16.07.2001, Бюл. №6.
 21. Кирич Н.Б. Організаційно-економічний механізм забезпечення стабільного розвитку переробних підприємств (на прикладі ДАК „ХЛІБ УКРАЇНИ”): автореф. дис. на здобуття наук. д-ра економ. наук: 08.00.04. — “Економіка та управління підприємствами” / Н.Б. Кирич. — К., — 2008. — 45 с.
 22. Нетяжук М.В. Економічний механізм регулювання розвитку хлібопекарної промисловості: автореф. дис. на здобуття наук. канд. економ. наук: 08.07.01 — “Економіка промисловості” / М.В. Нетяжук. — К., — 2005. — 20 с.
 23. Кірієва Т.В. Наукові основи інтенсифікації виробництва і підвищення якості киргизських національних борошняних виробів: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.18.16 “Технологія продуктів харчування” / Т.В. Кірієва — Х., — 2002. — 25 с.
 24. Sadeghi The secrets of sourdough; A review of miraculous potentials of sourdough in bread shelf life / A. Sadeghi Biotechnology № 7(3): 2008 ISSN 1682-296X. — С. 413-417.
 25. Effect of Sourdough bacteria on the quality and shelf life of bread / [Salimur-Rehman, H. Nawaz, S. Hussain, M.M. Ahmad, M.A. Murtaza and Mian Saeed Ahmad] Pakistan Journal of Nutrition № 6 (6): 2007 ISSN 1680-5194. — С. 562-565.
 26. Шаран Л.О. Обґрунтування та розробка раціональної технології йодування хлібобулочних виробів: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.01. “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / Л.О. Шаран. — К., — 2006. — 20 с.
 27. Удворгелі Л.І. Удосконалення технології хліба з використанням пектиновмісних порошків: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.01. “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / Л.І. Удворгелі. — К., — 2004. — 20 с.
 28. Latif and T. Masud. Use of Natural Preservative in Bread Making / T. Masud, A. Latif American Journal of Food Technology № 1 (1): 2006 ISSN 1557-4571. — С. 34-42.
 29. Нікончук О.А. Наукове обґрунтування і розробка технології підвищення біологічної цінності хліба: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн.

- наук: 05.18.01. “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / О.А. Нікончук. — К., — 1999. — 20 с.
30. Савчук Н.І. Удосконалення технології хліба з борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями шляхом використання поліпшувачів: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.01. “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / Н.І. Савчук. — К., — 2002. — 20 с.
 31. Gluten-Free Bread Production by the Corn Meal and Soybean Flour Extruded Blend Usage / [D. Curic, D. Novotni, D. Tusak, I. Bauman, D. Gabric] *Agriculturae Conspectus Scientificus* Vol. 72 (2007) № 3. — С. 227–232.
 32. Борисенко О.В. Удосконалення технології хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.01. “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / О.В. Борисенко. — К., — 2008. — 20 с.
 33. Антонюк М.М. Розробка технологічних основ збагачення хлібобулочних виробів селеном: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.01. “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / М.М. Антонюк. — К., — 2006. — 20 с.
 34. Чуйко А.М. Використання кріас-порошків із виноградних вичавків у виробництві борошняних виробів: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.16. “Технологія продуктів харчування” / А.М. Чуйко. — Х., — 2003. — 20 с.
 35. J. Filipovic. The behavior of different fibers at bread dough freezing / J. Filipovic, S. Popov, N. Filipovic *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly* № 14 (4) (2008). — С. 257-259.
 36. Utilization of Defferent Wall Materials to Microencapsulate Fish Oil Evaluation of its Behavior in Bread Products / [G. Davidov-Pardo, P. Roccia, D. Salgado, A.E. Leon and R. Pedroza-Islas] *American Journal of Food Technology* № 3 (6): 2008 ISSN 1557-4571. — С. 384-393.
 37. Полякова А.В. Використання рослинних добавок антиоксидантної дії в технології виробів з листового тіста: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.16 “Технологія продуктів харчування” / А.В. Полякова. — Д., — 2008. — 20 с.
 38. Бондар Н.П. Дослідження технологічних властивостей харчового люпину і розробка способів використання його у хлібопекарській промисловості: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.01. “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / Н.П. Бондар. — К., — 2006. — 20 с.
 39. Федорова Т.О. Розроблення технології хліба з борошна тритикале: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.01. “Зберігання і

- технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / Т.О. Федорова. — К., — 2004. — 20 с.
40. Detection of Baking Soda in Flat Bread by Direct pH Meter and Alkalinity Measurement / [G.H.R. Jahed Khaniki, F. Vaezi, M. Yunesian, R. Nabizadeh, G.H.A. Paseban] Journal of Applied № 7 (22): 2007 ISSN 1812-5654. — С. 3584-3587.
 41. N. Filipovic. Breadmaking characteristics of dough with extruded corn / N. Filipovic, S. Simovi, V. Filipovic Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly № 15 (1) (2009). — С. 21-24.
 42. Гринченко О.О. Наукове обґрунтування та розробка технології кулінарної продукції з використанням напівфабрикатів функціональних композицій на основі полісахаридів: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.18.12. “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / О.О. Гринченко. — Х., — 2005. — 36 с.
 43. Віннікова В.О. Формування якості дієтичної добавки “Гемовітал” та борошняних виробів з її використанням: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.16. “Технологія продуктів харчування” / В.О. Віннікова. — Х., — 2008. — 20 с.
 44. Білик О.А. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.01. “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / О.А. Білик. — К., — 2006. — 20 с.
 45. Моргун В.О. Наукові основи технологій виробництва пшеничного борошна і крупи підвищеної харчової цінності: автореф. дис. на здобуття наук. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.18.02. “Технологія зернових, бобових, круп’яних продуктів та комбікормів” / В.О. Моргун. — О., — 1999. — 20 с.
 46. Мізник Л.М. Визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів процесів виготовлення виробів із тіста з начинкою: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.12 “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / Л.М. Мізник. — К., — 2006 — 20 с.
 47. Sunday Y.G. Effect of germination on bread-making properties of wheat-fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) seed flour blends / S.Y. Giami Plant Foods for Human Nutrition № 58: 2003. — С. 1-9.
 48. B. Boboye, I. Dayo-Owoyemi. Evaluation of Dough Sensory Properties Impacted by Yeast Isolated from Cassava / B. Boboye, I. Dayo-Owoyemi Journal of Applied Sciences № 9 (4): 2009 ISSN 1812-5654. — С. 771-776.
 49. Evaluation of Sourdough Effect on Microbiological Shelf Life and Sensory Properties of Iranian Barbari Bread / [A. Sadeghi, F. Shahidi, S. Ali Mortazavi, B. Sadeghi] Biotechnology 7 (2): 2008 ISSN 1682-296X. — С. 354-356

50. B.M. Bell and N. Eisher. The binding of model shortenings during mixing of mechanically developed bread dough from fresh and stored flours / B.M. Bell, N. Eisher. Journal of the american oil chemists society № 54 (2005). - С. 489-483.
51. K.E. Petrofsky Rheological properties of dough made with starch and gluten from several cereal sources / K.E. Petrofsky, R.C. Hosney Reology Vol. 72, № 1, 1995: — С. 53-58.
52. Utilization of pumpkin powder in bakery products / [J. Ponjatanta, A. Naulbunrang, S. Kawngdang. T.n Manon, T. Thepjaikat] Nutraceutical and functional food. Vol.28 (Suppl.1), 2006: — с. 71-79.
53. The use of xylanases from different microbial origin in bread baking and their effect on bread qualities / [O. Al-Widyan, M.H. Khataibeh and Khataibeh and Khaled Abu-Alruz] Journal of Applied Sciences № 8 (4): 2008 ISSN 1812-5654. — С. 672-676.
54. Бурдо О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств / О.Г. Бурдо — О.: Полиграф, 2008 — 241 с.
55. Процеси та апарати харчових виробництв / [Поперечний А.М., Черевно О.І., Гаркуша В.Б., Кириченко Н.В., Ласкіна Н.А.] під ред. А.М. Поперечного — К.: Центр учбової літератури. 2007. — 304 с.
56. Общая технология пищевых производств / під. ред. Н.И. Назарова. — М. Лёг. и пищ. пром-сть, 1981. — 275 с.
57. Щербатенко В.В. Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение его качества / В.В. Щербатенко — М.: Пищ. пром-сть. — 1976. — 231 с.
58. The rheology of bread dough made from four commercial flours / [M. Keentok, M.P. Newberry, P. Gras, F. Bekers, R.I. Tanner] Reol Acta (2002) № 41: — С. 173-179.
59. Горбатюк В.И. Процессы и аппараты пищевых производств / В.И. Горбатюк — М: Колос. 1999. — 335 с.
60. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности. / [А.Т. Лисовенко, И.Н. Литовченко, И.В. Зирнис и др.] під ред. А.Т. Лисовенка. — К.: Урожай, 1990. — 192 с.
61. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробів / [Лисовенко О.Т. та ін.] — К.: Наукова думка, 2000. — 282 с.
62. Стадник І.Я. Підвищення інтенсивності роботи тарілчастої тістомісильної машини безперервної дії: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.12. “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / І.Я. Стадник. — К., — 2005 — 20 с.
63. Стадник І.Я., Лисовенко О.Т. Тістомісильна машина безперервної та періодичної дії / І.Я. Стадник, О.Т. Лисовенко. Хранение и переработка зерна. К. - 2008. №2 (104) - С. 51-52.
64. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / [Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О., Мирончик В.Г., Українець А.І., Лисовенко О.Т., Таран В.М., Гуцалюк В.М., Яровой В.Л.,

- Літовченко І.М., Пушанко Н.М.] под ред. І.С. Гулого — В.: Нова книга, 2001. — 576 с.
- 65.Мушкарабаров Н.Н. Аналитическая биохимия / Н.Н. Мушкарабаров — М.: Экспедитор, 1996. — Т.1,2,3. — 1309 с.
 - 66.Стренг Ф. Перемешивание и аппаратура с мешалками / Ф. Стренг — Л.: Химия, 1975. — 236 с.
 - 67.Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 215 с.
 - 68.Медведев Г.М. Технология макаронного производства / Г.М. Медведев — М.: Колос, 1998. — 272 с.
 - 69.Технологічне устаткування хлібопекарського і макаронного і кондитерських виробництв / [Петько В.Ф., Гапонюк О.І., Петько Є.В., Ульяницький А.В.] під ред. О.І. Гапонюка — К.: Центр учбової літератури, 2007. — 432 с.
 - 70.Стечишин М.С. Методи оцінки і підвищення довговічності деталей обладнання харчової промисловості при корозійно-механічному зношуванні: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.02.04 “Спеціальність 05.02.04 – Тертя та зношування в машинах” / М.С. Стечишин. — Х., — 1998. — 47 с.
 - 71.Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л.И. Пучкова — М.: Лёг. и пищ. пром-сть, 1982. — 232 с.
 - 72.Large deformation extensional rheology of bread dough / [M.N. Charalambides, L. Wanigasooriya, J.G. Williams, S.M. Goh, S. Chakrabarti] Reol Acta (2006) № 46: — С. 239-248.
 - 73.Шалугін В.С. Процеси та апарати промислових технологій / В.С. Шалугін, В.М. Шмандій. — К.: Центр учбової літератури, 2008. — 392 с.
 - 74.Паламарчук І.П. Науково-технічні основи розроблення енергозберігаючих вібротехнічних механічної дії харчових і переробних виробництв: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.18.12. “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / І.П. Паламарчук. — К., — 2008. — 47 с.
 - 75.Шевченко Р.І. Розробка технології хлібобулочних виробів з використанням рослинних білків: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.01. “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / Р.І. Шевченко. — О., — 2003. — 20 с.
 - 76.Топольник В.Г. Наукове обґрунтування та розробка кількісних показників якості процесу виробництва продуктів харчування: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.18.12. “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / В.Г. Топольник. — Х., — 2002. — 34 с.
 - 77.Сандул О.О. Дослідження та математичне моделювання процесу формування екструзією вибродженого тіста: автореф. дис. на здобуття

- наук. канд. техн. наук: 05.18.12. “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / О.О. Сандул. — К., — 2003. — 20 с.
78. Ковбаса В.М. Наукове обґрунтування високотемпературної екструзії природних біополімерів та розроблення раціональних технологій харчоконцентратів і хлібопродуктів поліпшеної якості: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.18.01 “Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів” / В.М. Ковбаса. — К., — 1998. — 47 с.
79. Плахотін В.Я., Тюрікова І.С., Хомич Г.П. Теоретичні основи технологій харчових виробництв: Навчальний посібник / В.Я. Плахотін, І.С. Тюрікова, Г.П. Хомич — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 640 с.
80. Мащини та обладнання переробних виробництв / [О.В. Дацішин, А.І. Ткачук, Д.С. Чубов та ін.] під ред. О.В. Дацішина. — К.; Вища освіта, 2005. — 159 с.
81. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах / [Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, С.І. БУХКАЛО, П.О. КАПУСТЯНКО, Є.І. ОРЛОВА] — К.: Центр навчальної літератури, 2005. — 496 с.
82. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах / [Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, С.І. БУХКАЛО, П.О. КАПУСТЯНКО, Є.І. ОРЛОВА] — К.: Центр навчальної літератури, 2008. — 496 с.
83. Effect of friction on uniaxial compression of bread dough / [M.N. Charalambides, S.M. Goh, L. Wanigasooriya, J.G. Williams, W. Xiao] Journal of material science № 40 (2005). — С. 3375-3381.
84. Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д. Процессы и аппараты пищевых производств / В.Н. Стабников, В.М. Лысянский, В.Д. Попов — М.: Агропромиздат, 1985. — 503 с.
85. Процеси і апарати харчових виробництв / під ред. І.Ф. Малежика. — К.: Нац. ун-т харч. технологій, 2003. — 400 с.
86. Зайцев Н.В. Технологическое оборудование хлебозаводов / Н.В. Зайцев — М.: — Пищ. пром-сть. — 1967. — 250 с.
87. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников — М.: — Колос, 1978. — 250 с.
88. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва / П.С. Берник, З.А. Стоцько, І.П. Поламарчук, В.В. Яськов, І.А. Зозуляк. — Л.: Львівська політехніка, 2004. — 336 с.
89. Станевський О.Л. Моделювання та удосконалення енерговиробничих процесів та апаратів харчоконцентратних виробництв: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.18.12. “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / О.Л. Станевський. — О., — 1999. — 20 с.
90. Suzan Tireki Effect of microwave, infrared and infrared-assisted microwave heating on the drying rate of bread dough / S. Tireki, G. Summu and Ali Esin

- American Journal of Food and Technology № 1 (2): 2006 ISSN 1557-4571. – С. 82 - 93.
91. Бурдо О.Г., Калинин Л.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах / О.Г. Бурдо, Л.Г. Калинин — О.: 2008, — 348 с.
 92. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / [Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Українець А.І., Пушанко М.М., Гуцалюк В.М., Яровой В.Л., Заєць Ю.О., Даценко М.М., Заплетников І.М.] — В.: Нова книга. 2004. — с. 288.
 93. Драгилёв А.И. Технологическое оборудование предприятий кондитерского производства. / А.И. Драгилёв, Я.М. Сезанев — М.: Колос, 2000. — 496 с.
 94. Полевич В.В. Моделювання технологічних процесів і розробка прогресивного обладнання для переробки харчової сировини: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.18.12. “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / В.В. Полевич. — Х., — 2002. — 34 с.
 95. Гуць В.С. Прикладна реологія та інтенсифікація процесів харчових виробництв: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.18.12. “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / В.С. Гуць. — К., — 1999 — 37 с.
 96. Сухенко Ю.Г. Науково-прикладні основи підвищення довговічності деталей обладнання харчових і переробних галузей АПК: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.05.09 “Машини харчової, мікробіологічної та фармацевтичної промисловості” / Ю.Г. Сухенко. — К., — 1999 — 37 с.
 97. Дашкевич А.О. Геометричне моделювання схем дії планетарних тістомісильних машин: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.01.01 – “Прикладна геометрія, інженерна графіка” / А.О. Дашкевич. — К., — 2008. — 20 с.
 98. Дашкевич А.О. Геометричне моделювання дії енциклоїдного механізму для тістомісильної машини / А.О. Дашкевич. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. — Мелітополь: ТДАТА, 2001. — Вип.4. Т.31. С.147-152.
 99. Куценко Л.М., Дашкевич А.О. Геометричне моделювання дії енциклоїдного механізму для тістомісильної машини / Л.М. Куценко, А.О. Дашкевич. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. — Мелітополь: ТДАТА, 2001. — Вип.4. Т.35. С.19-25.
 100. Берник М.П. Энергозберігаючий вібропривод нового змішувача для переробних виробництв: автореф. дис. на здобуття наук. канд. техн. наук: 05.02.03 - “Системи приводів” / М.П. Берник. — К., — 2001. — 20 с.
 101. Biaxial deformation of dough using the bubble inflation technique. I. Experimental / [Maria N. Charalambides, Leonard Wanigasooriya,

- J. Gordon Williams, Sumana Chakrabarti] *Reol Acta* (2002) № 41: — С. 532-540.
102. Василенко С.М. Основы тепломасообміну / Василенко С.М., Українець А.І., Ольшевський В.В.; під ред. І.С. Гулого. — К.: Нац. ун-т харч. технологій, 2004. — 250 с.
 103. Поздняков В.М., Онопрієнко В.І. Цілісна взаємодія філософії, освіти і науки: проблеми, перспективи / В.М. Поздняков, В.І. Онопрієнко — К.: Альфа, 2000. — 60с.
 104. Горбачук В. Макроекономічні методи: теорії та застосування / В. Горбачук — К.: Кий, 2000. — 271 с.
 105. Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента / В.И. Асатурян — М.: Радио и связь, 1983. — 248 с.
 106. Писаренко В.В., Захаров Л.С. Основы технического анализа / В.В. Писаренко, Л.С. Захаров — М.: Выс. шк. 1972. — 280 с.
 107. Процеси і апарати харчових виробництв. Лабораторний практикум: Навч. посіб / під ред. І.Ф. Малежика — К.: НУХТ, 2006. — 224 с.
 108. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов — Мн. Издательство БГУ им. В.И. Ленина, 1982. — 302 с.
 109. Капица П.Л. Эксперимент. Теория. Практика: Статьи и выступления / П.Л. Капица — М.: Наука. Гл. ред. физ. - мат. лит, 1987. — 496 с.
 110. Василенко П.М., Погорелый Л.В. Основы научных исследований. Механизация сельского хозяйства / П.М. Василенко, Л.В. Погорелый — К.: Выс. шк., 1985. — 266 с.
 111. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства / Л.Я. Ауэрман — М.: Пищ. пром-сть, 1984. — 405 с.
 112. Лихолетов И.И. Функции и их графики / И.И. Лихолетов — Мн.: Нар.асвета, 1970. —152 с.
 113. Вирченко Н.А., Ляшко И.И., Швецов К.И. Графики функций: Справочник / Н.А. Вирченко, И.И. Ляшко, К.И. Швецов — К.: Наук. думка, 1978. — 320 с.
 114. Эйкен Питер. Интенсивный курс программирования в Excel за выходные / Питер Эйкен — М.: Вильямс, 2006. — 432 с.
 115. Матросов А.В. Maple 6. Решение задач высшей математики и механики / А.В. Матросов — СПб.: БХВ-Петербург, 2001. — 528 с.
 116. Половко А.М., Бутусов П.Н. MATLAB для студента / А.М. Половко, П.Н. Бутусов — СПб.: БХВ –Петербург, 2005. —320 с.
 117. Алямовский А.А. SolidWorks/COSMOSWorks 2006 — 2007. Инженерный анализ методом конечных элементов / А.А. Алямовский — М.: ДМК, — 2007., — 784 с.
 118. Марон В.Е., Городецкий Д.Н. Физика, законы, формулы, задачи / В.Е. Марон, Д.Н. Городецкий — Мн: Выс. шк, 1986. — 207 с.

119. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике / Л.И. Седов — М.: Наука, 1981. — 442 с.
120. Сирохман І.В., Лозова Т.М. Якість і безпечність зерноборошняних продуктів / І.В. Сирохман, Т.М. Лозова — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 384 с.
121. Павлоцкая Л.Ф. Пищевая, биологическая ценность и безопасность сырья и продуктов его переработки: Учебник / Л.Ф. Павлоцкая, Н.В. Дуденко, В.В. Евлаш, — К.: ИНКОС, 2007. — 287 с.
122. Оборудование технологическое для хлебопекарной промышленности / — М. Пищевая промышленность. 1992.
123. Реология: теория и приложения / під ред. Ф. Эйриха. — М.: Иностранная литература, 1962. — 822 с.
124. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования / А.Т. Лисовенко — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. — 208 с.
125. Кирич Н. Б. Досконалий організаційно-економічний механізм — запорука конкурентоспроможності переробних підприємств / Н.Б. Кирич. Інноваційна економіка. — К.: — 2008. — № 1 [7]. — с. 115–119.
126. Кирич Н. Б. Окремі позитиви і негативи в розвитку підприємств переробних галузей України на сучасному етапі / Н.Б. Кирич — К.: Економіка України. — 2008. — №5. — С. 68–75.
127. Кирич Н. Б. Регіональні особливості розвитку підприємств переробних галузей України на сучасному етапі / Н.Б. Кирич, Б.М. Андрушків, Ю.В. Білан - Г. Галицький економічний вісник. — 2007. — № 2. — С. 61–66.
128. Нетяжук М.В. Знижка як інструмент стимулювання збуту продуктів харчування / М.В. Нетяжук, А.О. Заїнчковський, О.М. Петухова, АгроІнКом. - К.: — 2001.- №7. — С. 23-28
129. Нетяжук М.В. Механізм стимулювання розвитку хлібопекарної промисловості / Тези VI Міжнародна науково-практична конференція "Теорія і практика сучасної економіки". — Черкаси, 2005 р. — С. 332-335.
130. Бойко С.І., Нетяжук М.В. Перспективи інноваційного розвитку харчової промисловості / Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Пріоритетні напрями впровадження в харчову промисловість сучасних технологій, обладнання і нових видів продуктів оздоровчого та спеціального призначення". — К., 2003. — С. 26 – 29.
131. Янаков В.П. Створення моделі тіста-робочий орган, як засіб визначення ефективності замісу тестової маси в хлібопеченні / В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. — Мелітополь.: ТДАТА. 1998. Вип.1. Т.5. - С.116-125.
132. Янаков В.П. Фізична модель процесу замісу тіста - ключ до інтенсифікації тістovedення / В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. — Мелітополь.: ТДАТА. 2005. - Вип.30. - С.110-115.

133. Янаков В.П. Енергозбереження в тістоприготуванні: шляхи вирішення проблеми / В.П. Янаков. Тематич. науч.-техн. сборник. Наукові праці Полтав. держ. аграр. акад. - Т. 7(26). Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення. - П.: РВВ ПДАА. 2010. – С 102-106.
134. Yanakov V.P. The role of the mathematical model in doughmaking process optimization. / V.P. Yanakov Тематич. науч.-техн. сборник. Рибне господарство України. Науково-виробничий журнал. №2 2011. – С.44-47.
135. Антропова Л.М. Актуальність розвитку тістомісильних машин нового покоління / Л.М. Антропова, Мазілін С.Д., В.П. Янаков Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. – Мелітополь.: ТДАТА. 1998, Вип.1. Т.2. - С.23-29.
136. Янаков В.П. Аналіз фундаментальних досліджень у технологічній операції заміс тіста / В.П. Янаков Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. – Мелітополь.: ТДАТА. 1998, Вип.1. Т.2. - С.23-29.
137. Янаков В.П. Аналіз фундаментальних досліджень у технологічній операції заміс тіста / В.П. Янаков Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. – Мелітополь.: ТДАТУ. 2012, Вип.12. Т.2. - С.225-233.
138. Янаков В.П. Особливості моделювання тістомісильних машин в умовах підвищення ефективності виробництва / В.П. Янаков, В.О. Олексенко, В.О. Верхоланцева. Тематич. науч.-техн. сборник. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – Київ.: КНУТ. 2012, №.1(63). - С.76-82.
139. Янаков В.П. Нові підходи до комплексної оцінки роботи хлібопекарного підприємства / В.П. Янаков, К.О. Самойчук, А.А. Пупинін. Тематич. науч.-техн. сборник. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. – Харків.: ХНУ ім В.Н. Каразіна. 2012, № 970, Вип.81. - С.183-187.
140. Yanakov V.P. Current Challenges faced by the bakery plant management / V.P. Yanakov, V.O. Verholantseva, A.A. Poopin "Наука і вища освіта" міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчен., аспір. і студ. (г. Запоріжжя 21-22 квітня 2011 г.) / Класс. прив. ун-т. – 2011. тез. доп. ч.3. С. 112-113.
141. Ялпачик Ф.Е. Направления развития тестомесильных машин / Ф.Е. Ялпачик, К.О. Самойчук, В.П. Янаков. “Техника и технология пищевых производств” VIII-я междунар. научн-техн. конф. (г. Могилёв 27-28 апреля 2011 г.) / Республика Беларусь . М-во образ. Могилев. гос. ун-т. прод. - Могилев. гос. ун-т. прод. – 2011. тез.докл. С. 86-87.
142. Янаков В.П. Проблеми надійності тістомісильних машин / В.П. Янаков, В.Г. Тарасенко "Проблемы надёжности машин и средств механизации сельскохозяйственного производства" междунар. научн.-практ. конф. (г. Харьков 12-13 мая 2011 г.) / М-во аграр. полит. и прод.

- Украины. Харк. нац. техн. ун-т. сельск. хоз. им. П. Василенка. – 2011. вып 114. С. 253-258.
143. Янаков В.П. Дослідження перспектив розвитку тістомісильних машин / В.П. Янаков, О.О. Червоткіна "Морские технологии: проблемы и решения-2011" научно-практ. конф. препод. аспирант. сотруд. (г. Керчь, 18-22 апреля 2011 г.) / М-во аграр. політики України, Керч. держ. морск. технол. ун-т. - С. 20-23.
 144. Янаков В.П. Энергоэффективность процессов тестоприготовления / В.П. Янаков "Инновационные энерготехнологии" ICE-11 междунар. научн.-практ. конф. (5-9 сентября 2011г. г. Одесса) / Мин-во образ. и науки Украины, Одесс. нац. акад. пищ. технол. – 2011. Наукові праці. № 39. т.2. С.190-193.
 145. Янаков В.П. Підвищення ефективності хлібопекарського підприємства / В.П. Янаков, К.О. Самойчук, А.А. Пупинін. Сучасні проблеми реформування економіки в моделі інноваційного розвитку держави междунар. научн.-практ. конф. / Мин-во освіти і науки, молоді та спорту України, Харк. нац. ун-т. ім. В.Н. Каразіна. Тези доп. 2011.- С. С. 118-121.
 146. Янаков В.П. Математичне моделювання процесів замісу тіста / В.П. Янаков Інформатика та системні науки III всеукраїнська научн.-практ. конф. (1-3 марта 2012 г.) / Укоопспілки Полтавській ун-т. економіки та торгівлі Тези доп. 2012. - С. 258-260.
 147. Янаков В.П. Аналіз інтеграції інноваційних хлібопекарних технологій в готельний та ресторанний бізнес. / В.П. Янаков, С.Д. Мазілін, О. Lange Торгівля та готельно-ресторанний бізнес: інноваційний розвиток в умовах глобалізації всеукр. наук-практ конф., присвяченої 90-річчю з дня народження ректора університету (1967-1988 р.р.) кандидата економічних наук, професора, заслуженого діяча вищої школи Української СРСР Бережного Івана Григоровича / Мин-во освіти і науки, молоді та спорту України, Харк. нац. ун-т харчування та торгівлі Тези доп. 2012. ч.2. - С. 276-278.
 148. Янаков В.П. Определение направлений ресурсосберегающих технологий в операции замес теста / В.П. Янаков "Инновационное развитие малых городов России: научный, технологический и образовательный потенциал" междунар. научн.-практ. конф. (г. Мелеуз 17-18 мая 2012 г.) / Мин-во образования и науки Российской федерации, ФГБОУВПО «Моск. гос. ун-т технол. и управ. им. К.Г. Разумовского, филиал в г. Мелеуз. Тезисы докл. 2012. – С. 287-293.
 149. Янаков В.П. Исследование процесса замеса теста в современных тестомесильных машинах / В.П. Янаков "Совершенствование процессов и оборудования пищевых и химических производств" XIV междунар. научн.-практ. конф., (г. Одеса 3-7 сентября 2012 г.) / Мин-во образ. и науки Украины, Одесс. нац. акад. пищ. технол. – 2012. Наукові праці. № 41. т.1. - С.164-169.

ДОДАТОК А

Анкета априорного ранжирування й опитування працівників невеликих хлібозаводів, міні-пекарень і хлібопекарських комплексів

Г А Т А

Предприятие _____

полность _____

ФИО _____

А Н К Е Т А

ОТЗЫВ О РАБОТЕ ТЕСТОМЕСИЛЬНОЙ МАШИНЫ НА МАЛОМ ПРЕДПРИЯТИИ

1. Какая страна хлебопекарное оборудование применяется на Вашем предприятии: Украина, Россия, Белоруссия, Грузия, Италия, Германия, Польша, Франция ? _____

2. Год выпуска оборудования _____

3. Год установки оборудования _____

4. Сколько лет эксплуатировалось оборудование до установки /ориентировочно/ _____

5. Пропускная способность предприятия, кг/сут. : 600
по 100 200
601 - 700
701 - 800
801 - 900
более 900

6. Кратность выпечки в смену /за 7...8 ч/ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и более? _____

7. Суточное количество выпускаемой продукции по ассортименту _____

8. Продолжительность работы за сутки, ч _____

9. Длительность цикла изготовления теста, мин. /по ассортименту/ _____

10. Тип применяемой тестомесильной машины: периодического действия, непрерывного действия

11. Марка, тестомесильной машины _____

12. Вместимость дежи: 140 л, 330 л, 600 л и др. _____

13. На сколько загружается вместимость дежи при изготовлении теста, проц.: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 и более 90 _____

14. Какой тип тестомесильного органа на Вашей машине

15. Дополнил ли я смеситель тестомесильной машины? Да, нет

16. Что бы Вы хотели изменить в конструкции машины ?

- вместимость дежи
- форму дежи
- тип рабочего органа смесителя
- частоту вращения дежи
- ввести вращение дежи
- исключить вращение дежи
- изменить направление вращения дежи по отношению к направлению вращения смевающего рабочего органа на полупное, на вращательное

17. Какой тип тестомесильного органа Вы установили бы на свою машину

18. Что не устраивает Вас в конструкции Вашей тестомесильной машины?

- большая длительность замеса
- низкая эффективность работы тестомесильного органа
- некачественное перемешивание
- не соответствие объема дежи и потребности в тесте, др.
- частоту вращения дежи
- тестомесильные машины с подкатными дежами
- тестомесильные машины непрерывного действия

19. В чем преимущество названной машины на Ваш взгляд :

- малая энергоемкость
- высокая надежность
- универсальность и т.д.

20. Что бы Вы хотели изменить в Вашей тестомесильной машине:

- конструкцию тестомесильного органа
- частоту вращения дежи
- частоту вращения рабочего органа /больше или меньше/
- установить устройство контроля качества замеса

21. Как Вы контролируете конец замеса ?

- визуально
- лабораторной проверкой
- по времени
- по показаниям приборов
- по автоматической остановке двигателя привода

22. Какой Вы считаете оптимальной форму дежи

- цилиндрическая
- коническая
- шарообразная
- рифленая и др.

23. Какая внутренняя поверхность дежи Вас удовлетворяет:

- гладкая
- рифленая

24. Приобрели бы Вы новую тестомесильную машину, позволяющую повысить качество теста ?

25. В каком случае Вы приобрели бы новую машину

- снижение энергоемкости
- повышение интенсивности обработки замеса
- полная автоматизация контроля замеса теста
- повышение уровня безопасности машины
- повышение надежности работы машины
- ниже стоимость машины по сравнению с предыдущей

ДОДАТОК В

Дані технічного розрахунку.

1. Вихідні дані.

Таблиця В.1

Вихідні дані

№ п/п.	Найменування	Показники
1.	Назва моделі	Спіраль
2.	Місце знаходження моделі:	Е: \ АКАДЕМІЯ \ 2008 \ Геометричне моделювання \ Нова папка (3) \ спіраль: SLDPRT.
3.	Місце знаходження результатів:	С: \ DOCUME ~ 1 \ KeTrin \ LOCALS ~ 1 \ Temps.
4.	Ім'я вправи:	COSMOSXpressStudy (- По за умовченню-).

2. Матеріали.

Таблиця В.2

Характеристика матеріалу

№ п/п.	Назва деталі	Матеріал	Маса	Об'єм
1.	Спіраль	[SW] Легована сталь	20.4277kg	0.00265294m ³

3. Інформація про обмеження і навантаження.

Таблиця В.3

Обмеження

№ п/п.	Найменування	Показники
1.	Обмеження 1 < спіраль >	Вкл. 1. Грані: нерухома (нема переміщень)
2.	Опис:	

Таблиця В.4

Навантаження

№ п/п.	Найменування	Показники
1.	Загрузка 1 < спіраль >	Вкл. 1. Грані: прикладення нормальної сили 10000 N
2.	Опис:	

4. Властивість вправи

Таблиця В.5

Інформація про сітку

№ п/п.	Найменування	Показники
1.	2	3
1.	Тип сітки	Сітка на твердому тілі
2.	Використане розбиття	Стандартний
3.	Автоматичне ущільнення сітки	Вимк.
4.	Згладжування поверхні	Вмик.

Продовження таблиці В.5.

1.	2	3
5.	Перевірка Якобіана	4 Points
6.	Розмір елемента	8 mm
7.	Допуск	0.4 mm
8.	Якість	Висока
9.	Кількість елементів	35944
10.	Якість вузлів	62632
11.	Час для завершення сітки (години; хвилини; секунди)	00:00:37
12.	Назва комп'ютера	KET

Таблиця В.6

Інформація про вирішальну програму

№ п/п.	Найменування	Показники
1.	Якість	Висока
2.	Тип вирішальної програми	Авто

5. Результати.

5а. Напруга.

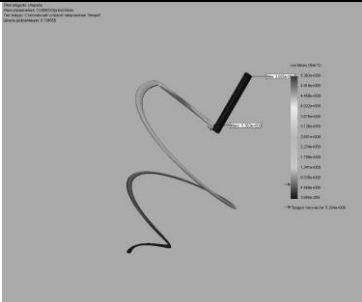
Таблиця В.7

Вихідні дані перевірки напруги.

№ п/п.	Назва	Тип	Хв	Місце	Макс	Місце
1.	Епюра 1.	VON: Напруга Von Mises.	0.00036 493 N/m ²	(- 13.6834 mm, 66.6908 mm, - 394 mm)	5.36278 9e ⁺ 009 N/m ²	(25.2046 mm, 53.4966 mm, - 17. 0677 mm)

Таблиця В.8

Результати розрахунку напруги

№ п/п.	Найменування.	Показники.
1.	Спіраль	COSMOSpressStudy – Напруга – Епюра 1
2.	Опис	JPEG
3.	Вид	

5b. Переміщення

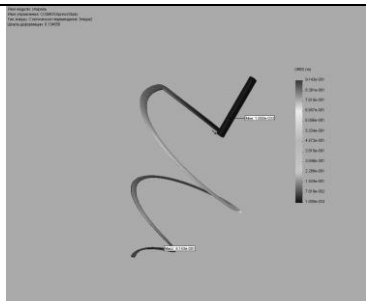
Таблиця В.9

Вихідні дані перевірки перемішування

№ п/п.	Назва	Тип	Хв	Місце	Макс	Місце
1.	Епюра 2	URES: Результуючі перемішування	0 m	(23.2785 mm, 60.4208 mm. 2.54267 mm)	0.914329 N/m ²	(37.0491 mm, 99.1004 mm, 726.63 mm)

Таблиця В.10

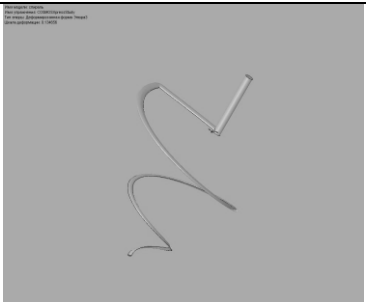
Результати розрахунку переміщення

№ п/п.	Найменування	Показники.
1.	Спіраль	COSMOSpressStudy – Переміщення – Епюра 2
2.	Опис	JPEG
3.	Вид	

5c. Деформація

Таблиця В.11

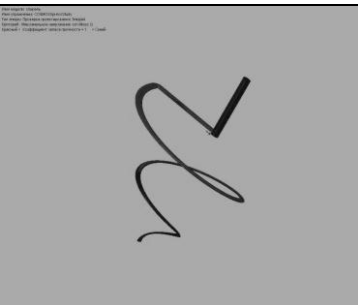
Результати розрахунку деформації

№ п/п.	Найменування	Показники.
1.	Спіраль	COSMOSpressStudy – Деформація – Епюра 3
2.	Опис	JPEG
3.	Вид	

5d. Перевірка проектування

Таблиця В.12

Результати розрахунку проектування

№ п/п.	Найменування	Показники
1.	Спіраль	COSMOSpressStudy – Перевірка проектування – Епюра 4
2.	Опис	JPEG
3.	Вид	

6. Додаток

Таблиця В.13

Підсумкові дані

№ п/п.	Назва	Застосування
1	Назва матеріалу	[SW] Легована сталь
2	Опис	
3	Джерело матеріалу	Використані матеріали SolidWorks
4	Назва бібліотеки матеріалу	
5	Тип моделі матеріалу	Лінійний Пружний Ізотропний

Таблиця В.14

Рахункові показники

№ п/п.	Назва якості	Значення	Одиниці виміру
1	Модуль пружності	$2.1e^{+011}$	N/m^2
2	Коефіцієнт Пуассона	0.28	NA
3	Масова щільність	7700	kg/m^3
4	Межа текучості	$6.2042e^{+008}$	N/m^2

Примітка: COSMOSXpress результати аналізу проектування базуються на лінійному статистичному аналізі, і передбачується ізотропний матеріал. Лінійний статистичний аналіз передбачає, що:

- 1) поведінка матеріалу є лінійною згідно закону Гука;
- 2) викликані навантаженням зміщення являються достатньо невеликими, щоб не враховувати зміни жорсткості в результаті навантаження;
- 3) навантаження прикладаються повільно, щоб не враховувати динамічні ефекти.

ДОДАТОК Е
Таблиці розрахунків

Таблиця 3.1

**Значення розрахункових параметрів тістоприготування для
тістомісильної машини періодичної дії**

Позначення	Параметри	Значення
1	2	3
n	Частота обертів місильної лопаті тістомісильної машини, хв^{-1} .	10
τ	Тривалість перемішування замісу, с.	300
T, m, m_m	Маса компонентів, що перебувають у робочій камері тістомісильної машини, кг.	100
η_1, η_2, η	Сумарні коефіцієнти корисної дії приводів тістомісильної машини, од.	0,9
a	Кількість місильних лопатей, шт.	1
b	Ширина лопаті, м.	0,03
π	Число π	3,14
ρ_t	Усереднена щільність суміші, кг/м^3 .	1090
α	Кут нахилу лопаті до вісі обертання, град.	1,571
k	Коефіцієнт подачі тіста, що указує на частину маси, захоплену місильною лопаттю рухом у вісьовому напрямку, од.	0,3
S	Крок твірної нахилу місильної лопаті, м.	0,5
δ	Товщина лопаті, м.	0,03
ρ_L	Щільність металу місильної лопаті, кг/м^3 .	7800
r₁	Відстань від вісі до кінця місильної лопаті, м.	0,48
r₂	Відстань від вісі до початку місильної лопаті, м.	0,18
t₁	Температура тіста на початку перемішування, °С.	20
t₂	Температура тіста наприкінці перемішування, °С.	32
m_T	Маса частин тістомісильної машини, що нагріваються при замісі тіста, кг.	70
c_T	Усереднена теплоємність переміщуваної маси, кДж/кг.	8,4
c_m	Усереднена теплоємність металу, кДж/кг.	16,8
μ	Середня в'язкість суміші, Па·с.	73,5
l	Відстань від місильної лопаті до дна ємності, м.	0,011
f	Зазор від торця місильної лопаті до корпусу місильної ємності, м.	0,038
C_T	Питома теплоємність тіста, кДж/(°С кг).	6,712
$\Delta t_{\text{гидр}}$	Приріст температури за рахунок гідратації, од.	2
M	Кількість борошна в тісті, кг.	60
B	Кількість води за рецептурою тіста, кг.	35

Продовження табл. 3.1

1	2	3
См	Питома теплоємність борошна, кДж/ (°С·кг).	1,68
W	Вологість тіста, %	43
К₀	Початкова кислотність тіста перед бродінням, Н°.	3
ν_к	Швидкість кислотності, град/год.	0,14
τ_{бр т}	Тривалість бродіння тіста, год.	3
τ_{бр о}	Тривалість бродіння опари, год.	3
V₀	Об'єм тіста на початок бродіння тіста м ³ .	0,987
S₁	Площа контакту місильного органа, м ² .	0,094
V₁	Об'єм газу СО ₂ у тісті на момент замісу тіста, м ³ .	1
T₁	Температура нормальна, °С.	20
F	Площа лопаті, зануреної в тісто, м ² .	0,093
R	Радіус лопаті, м.	0,03
C	Питоме зчеплення тіста з матеріалом лопаті, н/м ²	5000
γ	Кут внутрішнього тертя тіста	45
μ₁	Коефіцієнт тертя тіста об лопать, од.	1
z	Кількість лопатей у тістомісильній машині, шт.	1

Таблиця 3.6

Дисперсійний аналіз

№ п / п	Показники	Критерії							
		Коеф іціє нти	Станда ртна поми лка	t- стати стика	Р- Значе ння	Ниж нє 95%	Верх нє 95%	Ниж нє 95,0 %	Верхн є 95,0%
Підсумки розрахунків.									
1	Y-пересічення	-75,061	58,747	-1,277	0,208	-193,79	43,672	-193,79	43,672
2	Перемінна X_1	9,084	31,353	0,289	0,773	-54,282	72,452	-193,79	72,452
3	Перемінна X_2	724,45	124,51	5,818	8,5E-07	472,81	976,09	472,81	976,09
4	Перемінна X_3	706,558	310,595	2,274	0,028	78,821	1334,2	78,821	1334,29
Товщина місильного органа нової конструкції.									
1	Y-пересічення	6,1595	3,891	1,582	0,121	-1,693	14,012	-1,693	14,012
2	Перемінна X_1	713,25	128,86	5,535	1,8E-06	453,203	973,301	453,21	973,31
Площа контакту місильного органа нової конструкції.									
1	Y-пересічення	-33,508	38,682	-0,866	0,391	-111,57	44,556	-111,57	44,556
2	Перемінна X_1	649,08	411,64	1,576	0,122	181,650	1479,81	-181,65	1479,8
Кут контакту місильного органа нової конструкції.									
1	Y-пересічення	34,304	68,136	0,503	0,617	-103,20	171,809	-103,20	171,809
2	Перемінна X_1	-4,277	42,683	-0,101	0,921	90,417	81,862	-90,417	81,862

ДОДАТОК Ж

Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження на хлібопекарських підприємствах місильного органа нової конструкції і системи тістоприготування.

Передбачуваний річний економічний ефект від впровадження у хлібопекарську промисловість місильного органа нової конструкції з конічною просторовою спіраллю у перетині типу крило розраховувався відповідно до методики визначення економічного ефекту експлуатації у промисловості нової техніки й раціональних пропозицій, затверджених Комітетом Ради Міністрів України з науки і техніки, Держпланом, Академією наук України від 14.02.04.

Місильний орган нової конструкції пропонується для заміни використовуваних місильних органів, що випускаються масово й узятих у розрахунках як базові. На підставі випробувань, проведених на ППСГ “Приморський”, НП “Квітень”, ВАТ “МеЗТГ”, ПНВП “Кермек” з використанням технологій випуску хліба, лабораторних випробувань і серії експериментів встановлено факт поліпшення якості й збільшення виходу виробів.

Економічний ефект від впровадження місильного органа з об'ємною конічною спіраллю із профілем у перетині типу крило досягається за рахунок зменшення енерговитрат, поліпшення промісу тіста, більш рівномірної консистенції й прискорення дозрівання показників якості тіста. Вихідні значення для базового зразка взято з галузевого каталогу [122]. Для порівняння за вихідну тістомісильну машину періодичної дії взято близьку за параметрами до пропонованої конструкції. Характеристику машин наведено в табл. Ж.1.

Ж.1. Загальна характеристика тістомісильної машини з порівнюваними місильними органами. Базова тістомісильна машина Л4-ХТВ обслуговує лінію з піччю площею поду 25 м², де випікається хліб “Таврійський” масою 0,55 кг із пшеничного борошна 1-го сорту.

Відповідно до існуючих даних втрати сухої речовини тіста під час бродіння у діжі й виробничих одиницях для виробів з борошна 1-го сорту в розрахунку по борошну втрати на бродіння становлять

$$\Pi_1 = 100 \frac{B_1}{E_1} . \quad (\text{Ж.1})$$

де B_1 — втрати сухої речовини тіста під час бродіння у діжі й у виробничих одиницях для борошна 1-го сорту (3,3 %);

E_1 — кількість сухих речовин 1-го сорту борошна (85,5 %) [123].

Загальні втрати від замісу тіста до періоду виходу готової продукції дорівнюють

$$\Pi_2 = \Pi_1 + Y_2 . \quad (\text{Ж.2})$$

де Y_2 — упікання по тісту, (8 %).

Таблиця Ж.1

Початкові значення

№ п/ п	Показники	Тістомісильна машина Л4-ХТВ із місильним органом		Відхилення параметрів %
		базовим	новим	
1	Продуктивність, кг/г	550	550	-
2	Об'єм діжі, л.	140	140	-
3	Номинальна потужність приводу/ траверси, кВт.	1,5/0,37	1,5/0,37	-
4	Габаритні розміри (довжина× ширина×висота),мм.	1245×850× 1100	1245×850 ×1100	-
5	Маса, кг.	375	375	-
6	Обслуговуючий персонал, чол.	1тістороб	1тістороб	-
7	Режим роботи, змін у добу	1	1	-
8	Вартість тістомісильної машини, грн.	8625	8625	-

Як видно із табл. Ж.1 початкові технічні значення тістомісильної машини з різними місильними органами ідентичні. Різниця полягає у впливі місильних органів на тісто, технічному і технологічному оформленні процесу замісу тіста.

Тістомісильна машина періодичної дії забезпечує роботу печі із пропускною здатністю по готовій продукції

$$P_{\Pi} = P_{\text{ТММ}} - \frac{P_{\text{ТММ}} P_2}{100}. \quad (\text{Ж.3})$$

де $P_{\text{ТММ}}$ — продуктивність тістомісильної машини періодичної дії з базовим місильним органом (13,2 т/добу).

Кількість приготованого тіста в тістомісильній машині періодичної дії повинна відповідати кількості маси хліба, що випускається з печі. У разі випікання хліба “Таврійський” із пшеничного борошна 1-го сорту масою 0,55 кг. у печі із площею поду 25 м² найбільша продуктивність печі становитиме:

$$P_{\text{Р1}} = \frac{GNn60}{r}. \quad (\text{Ж.4})$$

де G — маса хліба (0,55 кг);
 n — кількість рядів виробів на ширині поду (14 шт.);
 N — кількість рядів виробів по довжині пекарської камери.

$$N = \frac{L_1 - 0,01}{L_2 - 3}. \quad (\text{Ж.5})$$

де L_1 — довжина хлібопекарської камери для печі із площею 25 м² поду становить 12 м;

L_2 — довжина хліба максимальна (0,25 м.);

$З$ — зазор між виробами по довжині хлібопекарської камери (0,04 м.);

r — тривалість випікання (25 хв.) [124].

Добова продуктивність дорівнює

$$D_{\text{пп}} = P_{\text{р1}} \cdot \mathbf{Ч}. \quad (\text{Ж.6})$$

де $\mathbf{Ч}$ — тривалість доби (24 год.).

Тістомісильна машина періодичної дії з базовим місильним органом забезпечує максимальну продуктивність печі. Продуктивність тістомісильної машини періодичної дії з місильним органом нової конструкції становитиме 13,7 т/добу по тісту. У результаті використання тістомісильної машини періодичної дії з місильним органом нової конструкції скорочуються втрати борошна на бродіння на 1,7 %. Загальні втрати від замісу компонентів до виходу готової продукції із застосуванням місильного органа нової конструкції мають вигляд

$$\mathbf{П}_3 = (\mathbf{Y}_1 - \mathbf{C}_{\text{скор}}) + \mathbf{Y}_2. \quad (\text{Ж.7})$$

де $\mathbf{C}_{\text{скор}}$ — скорочення втрат борошна на бродіння 1,7 %.

Продуктивність тістомісильної машини з місильним органом нової конструкції по хлібу

$$P_{\text{р2}} = P_{\text{н}} - \frac{P_{\text{н}} \mathbf{П}_3}{100}. \quad (\text{Ж.8})$$

де $P_{\text{н}}$ — продуктивність тістомісильної машини з місильним органом нової конструкції, 13,7 т/добу по тісту.

Продуктивність печі із площею поду 25 м² під час випікання хліба “Таврійський” масою 0,55 кг.

$$N_{\text{нр}} = \frac{L_1 - 0,01}{L_2 - 3}. \quad (\text{Ж.9})$$

де L_1 — довжина пекарської камери (14 м.).

Можна забезпечити продуктивність печі в такий спосіб

$$P_{\text{r}} = \frac{GN_{\text{нр}}n60}{r}. \quad (\text{Ж.10})$$

Добова продуктивність представлена

$$D_{\text{пп2}} = P_{\text{р2}} \cdot \mathbf{Ч}. \quad (\text{Ж.11})$$

Ж.2. Капітальні витрати. Вартість тістомісильної машини з місильним органом базового і нової конструкції зразка однакова, через це капітальні витрати будуть такі ж, з обліком транспортно - монтажних витрат складуть

$$\mathbf{B}_{\text{рг}} = \mathbf{B}_{\text{тмм}} K_1. \quad (\text{Ж.12})$$

де $V_{\text{тмм}}$ — вартість тістомісильної машини, 8625 грн.;
 K_1 — коефіцієнт, що враховує транспортно-монтажні роботи 110 % [125].

Вартість частини виробничого будинку, де розміщена тістомісильна машина з базовим й місильним органом нової конструкції, ідентична й дорівнює

$$V_{\text{пр}} = (K_{\text{д}} + 1)(K_{\text{ш}} + 1)H V_{\text{м}}. \quad (\text{Ж.13})$$

де $K_{\text{д}}$ — габаритний розмір тістомісильної машини періодичної дії (довжина 1,245 м.);

$K_{\text{ш}}$ — габаритний розмір тістомісильної машини періодичної дії (ширина 0,85 м.);

H — висота будинку (8 м);

$V_{\text{м}}$ — вартість 1 м² будинку (18,6 грн.).

Ж.3. Експлуатаційні витрати. Тістомісильну машину Л4-ХТВ із базовим і новим місильним органом обслуговує тістовод 4-го розряду. Візьмемо показник витрат на оплату тарифної ставки робітника, премій, на охорону праці й здоров'я для тістовода-погодинника 4-го розряду. Усі витрати зводимо у табл. Е.2, Е.3, Е.4.

За результатами вивчення потреб ринку й досліджень пропонується організувати роботу в одну зміну. Витрати на рік на заробітну плату при однозмінній роботі становлять:

$$V_{\text{р}} = Z_{\text{зп}} K_{\text{з}}. \quad (\text{Ж.14})$$

де $Z_{\text{зп}}$ — заробітна плата тістовода - погодинника 4-го розряду (6,31 грн.);

$K_{\text{з}}$ — кількість змін роботи в році для хлібопекарських підприємств (260).

Витрати на амортизацію устаткування

$$V_{\text{а}} = V_{\text{рг}} A_{\text{об}}. \quad (\text{Ж.15})$$

де $A_{\text{об}}$ — амортизація устаткування, даний показник ідентичний для тістомісильної машини з базовим і місильним органом нової конструкції (7,2 %).

Норма амортизації на поточний ремонт і витрати на виробничий будинок хлібопекарні

$$H_{\text{ар}} = (H_{\text{с}} + H_{\text{тр}}) D_{\text{пр}}. \quad (\text{Ж.16})$$

де $H_{\text{с}}$ — норматив амортизаційних відрахувань на спорудження (2,4 %);

$H_{\text{тр}}$ — норматив перерахувань на поточний ремонт і підтримання будинків у технічно справному стані (8,6 %) [126].

Витрати на поточний ремонт і запасні частини хлібопекарського устаткування

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{рг}} H_{\text{хб}}. \quad (\text{Ж.17})$$

де H_{XB} — норматив перерахувань на поточний ремонт і запасні частини хлібопекарського устаткування (12,3 %).

Витрати на електроенергію тістомісильної машини з базовим місильним органом

$$B_{EЛ_1} = B_{кВт-год} N K_B K_{РД} K_{КЗ} K_{ДН} \quad (Ж.18)$$

де $B_{кВт-год}$ — вартість 1 кВт-год електроенергії (0,16 грн.);

N — потужність електродвигуна, встановленого на тістомісильній машині періодичної дії (1,5 кВт);

K_B — коефіцієнт використання устаткування (0,8);

$K_{РД}$ — коефіцієнт, що враховує тривалість робочого дня (8);

$K_{КЗ}$ — коефіцієнт, що визначає кількість змін протягом робочого дня (1);

$K_{ДН}$ — коефіцієнт, що враховує кількість робочих змін у році (360).

Витрати електроенергії для тістомісильної машини з місильним органом нової конструкції

$$B_{EЛ_2} = B_{кВт-год} N_1 K_B K_{РД} K_{КЗ} K_{ДН} \quad (Ж.19)$$

де N_1 — потужність електродвигуна, встановленого на тістомісильній машині періодичної дії (1,4 кВт);

Витрати борошна

$$P_{ВБ} = 100 \frac{P_{П}}{B} \quad (Ж.20)$$

де $P_{ВБ}$ — річна витрата борошна т.;

$P_{П}$ — річна продуктивність т/рік;

B — вихід виробів, %.

Річна продуктивність по хлібу “Таврійський”, приготовленому із пшеничного борошна 1-го сорту [127] із застосуванням тістомісильної машини періодичної дії з базовим місильним органом, за оптимальної продуктивності печі з площею поду 25 м² становить

$$P_{П} = D_{ПР} K_{ДН} \quad (Ж.21)$$

При експлуатації тістомісильної машини з місильним органом нової конструкції

$$P_{П_2} = D_{ПР_2} K_{ДН} \quad (Ж.22)$$

У результаті застосування місильного органа нової конструкції скорочуються втрати на бродіння на 1,7 % [128]. За скорочення втрат борошна збільшується вихід хліба

$$B = B_X + (B_X C_{ВБ}) \quad (Ж.23)$$

де B_X — вихід хліба “Таврійський” із пшеничного борошна 1-го сорту 135 % [71];

$C_{\text{ВБ}}$ — скорочення втрат борошна у результаті застосування місильного органа нової конструкції (1,7 %).

Річна витрата борошна за використання базового місильного органа на тістомісильній машині періодичної дії

$$P_{\text{ВВ}} = 100 \frac{P_{\text{П}}}{B_{\text{X}}} \quad (\text{Ж.24})$$

з місильним органом нової конструкції,

$$P_{\text{ВВ}_2} = \frac{P_{\text{П}_2}}{B} \quad (\text{Ж.25})$$

Вартість борошна за використання базового місильного органа

$$S_{\text{В}} = P_{\text{ВВ}} S_1 \quad (\text{Ж.26})$$

де S_1 — вартість борошна 1-го сорту 560 грн. за 1 т.

Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження на хлібопекарських підприємствах місильного органа нової конструкції і системи тістоприготування дав змогу виділити групу технічних показників тістоприготування, представлену в табл. Ж.2.

Таблиця Ж.2

Технічні показники ефективності від впровадження у виробництво запропонованого місильного органа та системи тістоприготування

№ п/ п	Показники	Тістомісильна машина Л4-ХТВ із місильним органом		Відхилення параметрів %
		базовим	новим	
1	Затрачена потужність привода місильного органа на процес замісу тіста, кВт	1,5	1,4	-6,7
2	Геометрична місткість діжі, л, не менш	140	140	-
3	Продуктивність тістомісильної машини, т/добу	11,65	12,4	+6
4	Кількість приготованого тіста, т/добу	1,053	1,174	+11,5
5	Продуктивність по тісту, т/добу	13,2	13,7	+3,8
6	Забезпечувана добова продуктивність печі, т/добу	25,2	28,2	+11,2

При застосуванні місильного органа нової конструкції на тістомісильній машині періодичної дії маємо

$$S_{\text{В}_2} = P_{\text{ВВ}_2} S_1 \quad (\text{Ж.27})$$

Результати розрахунку зводимо в табл. Ж.2, Ж.3, Ж.4. Витрати приведемо до загального об'єму продукції [129] і визначимо

$$K_{\text{заг}} = \frac{\Pi_2}{\Pi_1}. \quad (\text{Ж.28})$$

де Π_1 — площа печі, що забезпечує тістомісильна машина періодичної дії з базовим місильним органом, м^2 ;

Π_2 — площа печі, що забезпечує тістомісильна машина з місильним органом нової конструкції, м^2 .

При однаковому геометричному об'єму діжі, застосування нового місильного органа і системи тістоприготування дає змогу підвищити технічну продуктивність тістомісильної машини.

Витрати, пов'язані з експлуатацією тістомісильної машини з базовим місильним органом

$$B_{\text{ТММ}} = B_p + B_A + H_{\text{AP}} + B_{\text{пр}} + B_{\text{сл}_1} + S_B. \quad (\text{Ж.29})$$

Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження на хлібопекарських підприємствах місильного органа нової конструкції і системи тістоприготування, дав змогу виділити групу технологічних показників тістоприготування, представлену в табл. Ж.3.

Таблиця Ж.3

Технологічні показники ефективності впровадження у виробництво запропонованого місильного органа та системи тістоприготування

№ п / п	Показники	Тістомісильна машина Л4-ХТВ із місильним органом		Відхилення параметрів %
		базовим	новим	
1	Завантаження діжі борошном, кг, не більше	50	50	-
2	Тривалість процесу замісу тіста, с.	240	200	-16,7
3	Загальні втрати компонентів від тістоприготування, %.	11,86	9,6	-2,26
4	Витрати борошна, т.	6026	6777	+11,1
5	Витрати на борошно, грн.	3,37	3,79	+12,5
6	Час бродіння тіста, год.	2,5	2,25	+11,1
7	Пористість, %.	72	70	+2,9
8	Питомий обсяг, $\frac{\text{см}^3}{100\text{г}}$.	273	269	+1,5
9	Вихід хліба, %	135,0	137,3	+1,7

При однаковому геометричному об'єму діжі застосування нового місильного органа і системи тістоприготування дає змогу підвищити технологічну продуктивність тістомісильної машини.

У разі використання тістомісильної машини з місильним органом нової конструкції

$$B_{\text{ТММ}_2} = B_P + B_A + H_{AP} + B_{\text{ПР}_2} + B_{\text{ел}_2} + S_{B_2} \quad (\text{Ж.30})$$

Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження на хлібопекарських підприємствах місильного органа нової конструкції і системи тістоприготування дав змогу виділити показники, представлені в табл. Ж.2.

Таблиця Ж.4

Річний економічний ефект від впровадження у виробництво запропонованого місильного органа та системи тістоприготування

№ п/п	Показники	До впровадження	Після впровадження	Відхилення параметрів %
1	Обсяг виробництва хліба, тис. т.	8,136	9,306	+12,6
2	Повна собівартість хліба, тис грн.	3548	3996	+11,2
3	Загальні витрати на виробництво хліба, тис. грн. У тому числі:	20500	21300	-3,7
	Витрати на електроенергію, тис. грн.	553,0	525,3	-5,3
	Витрати на тістомісильну машину, тис. грн.	3,79	3,81	+3,7
	Витрати на поточний ремонт і запасні частини тістомісильної машини, тис. грн.	1,85	1,85	-
	Капітальні витрати на тістомісильну машину, тис. грн.	1,01	1,01	-
4	Повна собівартість буханки хліба, грн.	1,39	1,25	-11,2
5	Ціна реалізації 1т. хліба, тис. грн.	3,1	3,1	-
6	Виручка від реалізації, тис. грн.	25200	28800	+12,5
7	Прибуток від реалізації тис. грн.	4700	7500	+12,5
8	Фонд заробітної плати від впровадження нового місильного органа, тис. грн.	1,64	1,44	-11,2
8	Рівень рентабельності, %	22,9	35,2	+12,3

При однаковому геометричному об'єму діжі застосування нового місильного органа і системи тістоприготування дає змогу підвищити продуктивність хлібопекарського виробництва.

Економія фонду заробітної плати від впровадження тістомісильної машини з місильним органом нової конструкції, [130]

$$E_{\Phi} = B_{\text{ТММ}} (K_{\text{заг}} - 1). \quad (\text{Ж.31})$$

Зробимо розрахунок економічного ефекту від впровадження місильного органа нової конструкції, що забезпечує економію виробничих ресурсів при використанні технології випуску однакових асортиментів продукції за капітальних ідентичних витрат [21,22];

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{тмм}} K_{\text{заг}} . \quad (\text{Ж.32})$$

У цьому разі витрати $B_{\text{заг}}$ і E_p указані в табл. Ж.3. Річна економія від впровадження місильного органа нової конструкції дорівнює

$$E_p = B_{\text{заг}} - B_{\text{тмм}_2} . \quad (\text{Ж.33})$$

Річна економія від впровадження на тістомісильній машині місильного органа нової конструкції на лінії малої потужності при застосуванні у виробничому цілорічному циклі дасть річний економічний ефект 7500 тис. грн.

Наукове видання

ЯЛПАЧИК Федір Юхимович
ЯНАКОВ Валерій Петрович

ПРОЦЕСИ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН

Коректор Котенко В.І.

Монографія

Підписано до друку 12.02.2014. Формат 60х84/16. Папір офсетний. Гарн. Times New Roman. Друк офсетний. Умов. Друк. арк.. 9.48. Умов. фаб. відб. 9.53. Обл.. вид.арк. 9.80. Тираж 500 пр. Замовлення №39.

Видавництво «Черемош». 59200, Вижниця, вул.. Миру, 12.

*Свідоцтво про внесення до Державного реєстру юридичної особи, серія АОО
№ 359861, від 24.02.2005 року*

Видруковано ТОВ ВПК "Черемош"
59200, Вижниця, вул.. Шухевича, 12.
Тел. 2-13-84, 2-15-40