

**ФОРМИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕСТОПРИГОТОВЛЕНИЯ****Янаков Валерий Петрович** к.т.н., доцент*Таврический государственный агротехнологический университет***Yanakov V.***Tavria State Agro Technological University*

**Аннотация:** статья связана с проблемой изучения взаимосвязи теплотехнических и влажностных характеристик теста. Исследованы существующие принципы замеса и предлагаемой системы тестоприготовления. Выработана оценка необходимости видоизменения и избрания более рациональной последовательности теплотехнических характеристик и условий реализации энергетического воздействия тестомесильных машин.

**Ключевые слова:** тестоприготовление, тестомесильная машина, энергозатраты, тесто, технология.

**Постановка проблемы**

Направлением энергетического воздействия тестомесильной машины, при реализации тепловых, массообменных, гидромеханических и механических процессов, является снижение уровня энергетического воздействия при получении теста. Нахождение параметров энергозатрат тестомесильной машины на тесто определяют данные конструктивных возможностей при задании и исполнении структуры реализуемых процессов тестоприготовления. Установление положительных технических характеристик и недостатков тестомесильной машины даёт реализация варьирования уровня энергетического воздействия при осуществлении технологической операции замеса теста [2].

**Анализ последних исследований**

Достижение обоснованного уровня качества хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста основано на определении достаточных величин теплотехнических и структурно-механических свойств. Спецификой данных процессов является трансформация энергозатрат, степень однородности и рецептурных показателей в составляющих теста. Проследим их исполнение.

Головко Н.П. проводил исследования технологического сырья по показателям: содержание влаги, жира, золы, кальция и фосфора, а также микробиологических, токсикологических показателей. Структурно-механические свойства исследовали на эластопластометре Толстого и полуавтоматическом пенетрометре "Labor" и дериватографе "Q-1000" фирмы "MOM" (Венгрия). Результаты исследований позволили прийти к выводу, что критериями наиболее рационального времени энергетического воздействия является время, определяющее максимальное взаимодействие технологического сырья. Однако, в работе автора не освещён вопрос определения накопления достаточных качественных преобразований в технологическом сырье, наиболее рационального времени энергетического воздействия [3].

Мещеряков В.И. проводил исследования задач управления высокоэнергетических процессов испарения на локальном участке технологического сырья при лазерном электромагнитном облучении. При высокоэнергетическом воздействии технологическое сырьё, находящееся в ламинарном или турбулентном состоянии, обладает неодинаковыми коэффициентами преломления. Результаты исследований позволили прийти к выводу, что высокоэнергетическое воздействие возможно представить в виде волновой энергии с амплитудой  $A(x, y, z)$  и частотой  $\omega$ . Однако, в работе автора не освещён вопрос структуры потоков включающих две составляющие информации: состояние технологического сырья и информация о качествообразующих процессах [4].

Легеза В.П. проводил исследования современных способов виброзащиты пищевого оборудования при применении ими вибрации в ходе реализуемых технологических задач. Результаты исследований позволили прийти к выводу, что при использовании теоретическо-методологического подхода наиболее экономически эффективными являются предлагаемые коротко-демпфирующие устройства. Однако, в работе автора не освещён вопрос динамического поведения виброзащиты пищевого оборудования при описании нелинейными дифференциальными уравнениями в обобщённых координатах  $q_{1+1}, q_{1+2}, \dots, q_n$ . В исследованиях не показаны возможности теоретического описания и практического применения группы точек перемешиваемой среды в неравномерной массе объёма смешиваемого материала [5].

Гринченко О.А. проводила исследования качественных показателей сырья хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста. Числовые показатели характеристик сырья и теста определяли



по методикам, регламентированным действующими стандартами Украины. Результаты исследований позволили прийти к выводу, что аналитический анализ, основанный на основных положениях термодинамики, даёт возможность прогнозировать интенсивность соединения крахмал–вода при температуре  $t=1^{\circ}\text{C}-60^{\circ}\text{C}$ . Однако, в работе автора не освещён вопрос перехода системы крахмал–вода из равновесного состояния в состояние разделения, определения площади разделения и фаз высвобождения энергии [6].

В результате анализа приведенных выше исследований определены направления реализации процессов в технологической операции замеса теста. Применение выделенных методик повышения эффективности осуществления процессного воздействия тестомесильных машин на перемешиваемое сырьё даёт возможность добиться интенсификации энергетического воздействия при одновременном повышении качества теста.

#### **Цель исследований**

Целью предоставленной статьи является определение и анализ влияния энергетического воздействия тестомесильных машин на качествообразующие процессы в тесте. Нахождение наиболее эффективного энергетического воздействия на разнообразное сырьё хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста обуславливает обширный спектр передачи энергии по реализации тепловых, массообменных, гидромеханических, механических и смешивающих процессов в технологической операции замеса [1].

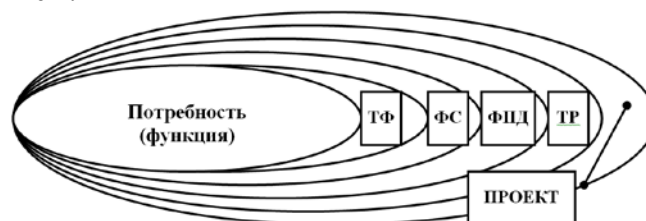
#### **Материал и методика исследований**

Материалом исследований служит разнообразие компонентов сырья и теста. Технологическое разнообразие назначений, уникальность физико–механических и химико–биологических свойств компонентов теста и сырья, специфические требования к применению процессов перемешивания в условиях оперативного контроля и корректировки определяет протекание дальнейших качествообразующих процессов. Методика исследований основана на применении современных концепций сопротивления материалов, пластичности, моделирования систем, гидромеханики и механики сложных термодинамических систем.

#### **Результаты исследований**

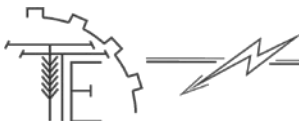
В целях повышения точности энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё проводится анализ и определение направлений развития *тестомесильных машин*. Достаточный уровень теплотехнических, механических и структурных характеристик теста, устанавливает протекание дальнейших качествообразующих процессов. Оценка степени развития тестомесильных машин определяется следующими направлениями: точность и достаточность энергетического воздействия на тесто тестомесильной машиной; определение взаимосвязи энергетического воздействия тестомесильной машиной и протеканием качествообразующих процессов при замесе хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста.

Наиболее эффективным является тот тип выполнения технологической операции замеса, который даёт возможность наиболее полно учитывать особенности рецептуры и технологии изготовления, точности передачи энергии, определение достижения задач технологической операции замеса теста и установление наиболее эффективного применения процесса. При формулировании проблем технологической операции замеса, возникает ряд задач о *соответствии* степени развития тестомесильных машин задачам производства хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста. В общем случае среди способов передачи энергии перемешиваемому сырью можно выделить несколько типов. Такой подход в оценке степени развития тестомесильных машин опирается на алгоритм реализации. Новая иерархия данного подхода в оценке степени развития тестомесильных машин представлена на рисунке 1.



**Рис. 1. Алгоритм реализации степени развития тестомесильных машин: Потребность (функция). Техническая функция (ТФ). Функциональная структура (ФС). Физический принцип действия (ФПД). Техническое решение (ТР). Проект**

Взаимосвязь энергозатрат процессов перемешивания и одновременного контроля протекания



качествообразующих процессов в тесте определяет эффективность применения тестомесильной машины. Представленный подход даёт возможность прогнозировать формирование и развитие уровня теплотехнических, механических и структурных характеристик теста. Данный подход реализации процессов перемешивания и сопутствующих им процессов опирается на комбинирование технологического воздействия на перемешиваемое сырьё в ходе избрания режима замеса хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста. Он основывается на анализе алгоритма научных подходов развития *тестомесильных машин, который возможно представить следующим образом:*

### ТЕСТОПРИГОТОВЛЕНИЕ ↔ СВОЙСТВА СЫРЬЯ И ТЕСТА ↔ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕСТОМЕСИЛЬНЫХ МАШИН

Такой алгоритм даёт возможность *применять* классификацию основных процессов технологической операции замеса теста, что на нынешний день является началом проектирования и совершенствования *тестомесильных машин. Дальнейшее развитие данного типа техники* на современном этапе научно-технической эволюции, уже не соответствует запросам замеса теста, выставляемым хлебопекарному, кондитерскому и макаронному производству.

Результаты исследований технологии тестоприготовления, а именно воздействие тестомесильной машины на перемешиваемое сырьё, базируется на наиболее эффективной методике энергетического воздействия и основано на анализе и корректировке теплотехнических характеристик параметров применяемых процессов в замесе. Исследования технологий тестоприготовления выявили, что при достижении равномерности теста необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на процесс перемешивания. Наиболее важным акцентом при замесе теста является, учёт теплотехнических характеристик, выражающихся в параметрах:

1. Плотность однородного теста  $\rho_1$ , кг/м<sup>3</sup>.
2. Плотность разнохарактерного теста,  $\rho_c$ , кг/м<sup>3</sup>.
3. Плотность обоснованного уровня качества теста  $\rho_T$ , кг/м<sup>3</sup>.
4. Плотность жидкости  $\rho_ж$ , кг/м<sup>3</sup>.
5. Коэффициент  $\mu$  динамической вязкости теста, (Н • с)/м<sup>2</sup>.
6. Коэффициент  $\nu$  кинематической вязкости теста, м<sup>2</sup>/с.
7. Коэффициент  $a$  температуропроводности теста, м<sup>2</sup>/с.
8. Коэффициент теплопроводности теста  $\lambda$ , Вт/(м • Град).
9. Удельная теплоёмкость теста  $c$ , Дж/(кг • Град).
10. Истинная теплоёмкость теста  $C$ , Дж/Град.
11. Масса теста  $m_T$ , кг.
12. Объём теста  $V$ , м<sup>3</sup>.
13. Объёмная доля теста  $\phi$ , %.

Данные параметры теплотехнических характеристик [6,7] возможно представить в виде формул

$$\nu = \frac{\mu}{\rho_T} \quad (1)$$

$$a = \frac{\lambda}{c\rho_T} \quad (2)$$

$$c = \frac{C}{m_T} \quad (3)$$

$$\rho_1 = \frac{m_T}{V} \quad (4)$$

$$\rho_c = \rho_T\phi + \rho_ж(1-\phi) \quad (5)$$

В исследуемом случае плотность теста  $\rho_T$  допускаем равной плотности теста  $\rho_1$  однородного. Проведём преобразования представленных теплотехнических характеристик, формулы (1–5). Данные формулы сведём в единую формулу с учётом коэффициента  $a$  температуропроводности теста и проведём подстановку через  $c$  удельную теплоёмкость теста

$$a = \frac{\lambda}{\frac{C}{m_T}\rho_T} \quad (6)$$

Последующее преобразование формулы (1) через вязкость или внутреннее трение,



коэффициент  $\nu$  кинематической вязкости теста даёт возможность выразить через  $\rho_1$  плотность однородного теста

$$\rho_T = \rho_1 = \frac{\mu}{\nu} \quad (7)$$

После подстановки в уравнение коэффициента  $a$  температуропроводности теста формула (6) примет вид

$$a = \frac{\lambda}{C \cdot \frac{\mu}{m_T \nu}} = \frac{\lambda m_T \nu}{C \mu} \quad (8)$$

$$a C \mu = \lambda m_T \nu \quad (9)$$

Тогда учитывая, что обоснованные подстановки  $a$  коэффициента температуропроводности теста возможно получить новую формулу  $m_T$  массы теста

$$m_T = \frac{a C \mu}{\nu \lambda} \quad (10)$$

Полученная формула (9) даёт возможность комплексно оценить связь  $m_T$  массы теста от теплофизических свойств теста. С целью создания новых подходов в проектировании тестомесильных машин исследовали такую организацию процессов перемешивания и сопутствующих процессов, которая могла дать возможность управления качеством теста при контроле энергозатрат в данный период времени. Прогнозирование параметров качествообразующих процессов основывается на выборе оптимального энергетического воздействия в ходе замеса. Наиболее важными факторами хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста, определяющими уровень протекания технологий тестоприготовления, является влажность  $W_T$ , энергозатраты  $N$  и теплотехнические характеристики. Определим их взаимосвязь. Влажность теста [1]  $W_T$  возможно представить

$$W_T = \frac{100(m_T - m_2)}{m_T} \quad (11)$$

После преобразований формул (10) и (11) получили новую формулу (14) для определения влажностных характеристик теста в зависимости от теплотехнических характеристик

$$W_T = \frac{100m_T - 100m_2}{m_T} = \frac{100m_T}{m_T} - \frac{100m_2}{m_T} \quad (12)$$

$$W_T = 100 - \frac{100m_2}{m_T} = 100 - \frac{100m_2}{\frac{a C \mu}{\nu \lambda}} \quad (13)$$

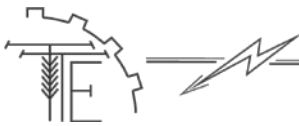
$$W_T = 100 \left( 1 - \frac{m_2}{\frac{a C \mu}{\nu \lambda}} \right) \quad (14)$$

где,  $m_2$  – масса теста после высушивания, кг.

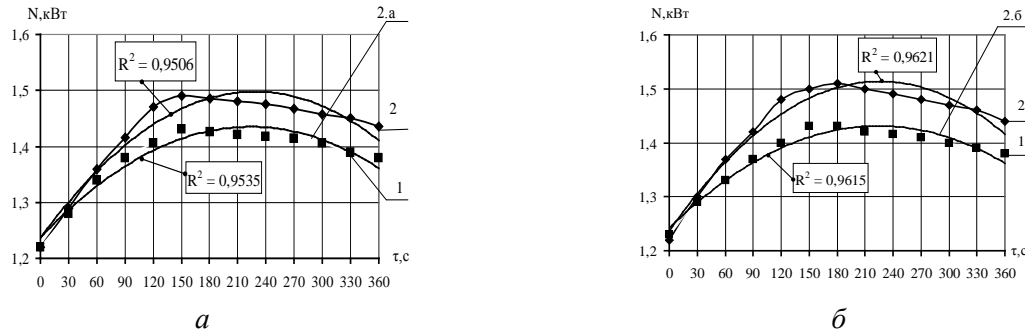
Анализ теоретических данных выявил связь между влажностью теста  $W_T$  43%,  $W_T$  45% и энергозатратами тестомесильной машины в процессе реализации технологической операции замеса. Данный тип взаимосвязи определяет технологическую эффективность процессов перемешивания и качествообразующих процессов [1,2]. Апробация теоретических данных теплотехнических характеристик теста контролировались путём измерений в эксперименте на тестомесильной машине Л4–ХТВ. Влажность и другие параметры замеса теста соответствовали применяемой технологии хлеба "Таврический" из пшеничной муки 1 сорта [1,2]. Применение нового месильного органа на тестомесильной машине Л4–ХТВ даёт возможность за счёт конструкции обеспечить: равномерную загрузку мощности привода месильного органа; установить удачный баланс сил трения, адгезии и упругости теста об месильный орган. Целью проведения серии экспериментов было:

1. сравнение существующих принципов ведения замеса теста с предлагаемой системой тестоприготовления;
2. замена базового месильного органа на новый месильный орган;
3. прогнозирование энергозатрат при реализации замеса теста и контроль качественных преобразований.

За счёт применения на тестомесильной машине Л4–ХТВ системы тестоприготовления и нового месильного органа снижаются энергозатраты при замесе теста до 6,7%, повышается производительность тестомесильной машины на 6%, увеличивается производительность по выпуску теста на 11,5% технологической линии выпуска хлеба "Таврический" из муки пшеничной 1 сорта [7].



Энергозатраты при тестоприготовлении, влажность теста  $W_T$  43%,  $W_T$  45% удовлетворяет всем выдвинутым требованиям к замесу теста, и представлены на рисунке 2 и в таблице.



**Рис. 2. Энергозатраты при тестоприготовлении:** а – влажность теста  $W$  43%; б – влажность теста  $W$  45 %; 1 — месильного органа новой конструкции; 2 – базовый месильный орган; 2.а – 1 аппроксимирующая кривая  $N = -4 \cdot 10^{-06} \tau^2 + 0,01\tau + 1,24$ ; 2.а – 2 аппроксимирующая кривая  $N = -5 \cdot 10^{-06} \tau^2 + 0,02\tau + 1,24$ ; 2.б – 1 аппроксимирующая кривая  $N = -4 \cdot 10^{-06} \tau^2 + 0,02\tau + 1,24$ ; 2.б – 2 аппроксимирующая кривая  $N = -5 \cdot 10^{-06} \tau^2 + 0,003\tau + 1,24$

**Таблица 1**

Энергозатраты при тестоприготовлении (кВт)

№ п/п	Длительность замеса теста, с.	Влажность теста $W_T$ 43%		Влажность теста $W_T$ 45%	
		Месильного органа новой конструкции	Базового месильного органа	Месильного органа новой конструкции	Базового месильного органа
1	0	1,22	1,22	1,22	1,22
2	30	1,28	1,29	1,29	1,3
3	60	1,34	1,36	1,33	1,37
4	90	1,38	1,415	1,37	1,42
5	120	1,405	1,47	1,4	1,48
6	150	1,43	1,49	1,43	1,5
7	180	1,426	1,486	1,43	1,51
8	210	1,42	1,48	1,42	1,5
9	240	1,417	1,475	1,415	1,49
10	270	1,414	1,468	1,41	1,48
11	300	1,405	1,457	1,4	1,47
12	330	1,39	1,45	1,39	1,46
13	360	1,38	1,436	1,38	1,44

Анализ рисунка 2 и таблицы даёт возможность сделать следующие выводы: изменение энергетического воздействия двух месильных органов в период замеса теста имеют подобный характер, что связано с идентичностью энергетического характера воздействия; форма кривых точно описывает энергетическое воздействие в процессе замеса; интенсивное энергетическое воздействие на тесто приводит к стабильной равномерной структуре клейковинного каркаса теста, образования и укрепления оптимальной формы межмолекулярных связей теста; характер изменения энергетического воздействия такой же, а затраты меньше; проведена экспериментальная оценка уравнений; под воздействием месильного органа новой конструкции тестомесильной машины наблюдается снижение энергозатрат.

Задачи методик тестоприготовления направлены на поиск новых, целесообразных технологических комплексов теплотехнических характеристик хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста [1,2]. Данные параметры теплотехнических характеристик и энергетического воздействия выступают как критерии направления в развитии конструкций и технологических схем тестомесильных машин. Выработана оценка необходимости видоизменения тестомесильных машин и избрания более рациональной последовательности теплотехнических характеристик, условий реализации энергетического воздействия предоставленного типа техники.

**Выводы**

Получены данные по взаимосвязи характеристик сырья и теста с энергозатратами



тестомесильных машин в период тестоприготовления:

1. Определены современные исследования в тестоприготовлении.
2. Установлено, что реализация технологической операции замеса теста основана на внедрении методов управления процессами перемешивания.
3. Выявлена закономерность в достижении равномерности теста, определяемая рядом факторов, влияющих на процесс перемешивания.

#### Список литературы

1. Янаков В.П. Обоснование параметров и режимов работы тестомесильной машины периодического действия: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.18.12. – "Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств" / В.П. Янаков. – Донецк.: Мин-во образ. и науки Украины, Донецкий нац. ун-т экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, 2011. – 20 с.
2. Гринченко О.А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции с применением полуфабрикатов функциональных композиций на основе полисахаридов: автореф. дис. на соискание научн. степени доктр. техн. наук: спец. 05.18.16. – "Технология продуктов питания" / О.А. Гринченко. – Харьков.: Мин-во образ. и науки Украины, Харьковский гос. ун-т питания и торговли, 2005. – 40 с.
3. Мецераков В.И. Автоматизированные системы преобразования информационных потоков для управления высокоэнергетическими процессами: автореф. дис. на соискание научн. степени доктр. техн. наук: спец. 05.13.06. – "Автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии" / В.И. Мецераков. – Одесса.: Мин-во образ. и науки Украины, Одесский нац. политехн. ун-т, 2004. – 40 с.
4. Лезега В.П. Модели и метод виброзащиты динамических систем на основе коротково-демпферных устройств: автореф. дис. на соискание научн. степени доктр. техн. наук: спец. 05.02.09. – "Динамика и прочность машин" / В.П. Лезега. – Киев.: Мин-во образ. и науки Украины, Нац. техн. ун-т Украины Киевский политехн. инс-т, 2004. – 40 с.
5. Головка Н.П. Научное обоснование и разработка технологии продуктов питания, обогащённых кальцием, с использованием продуктов переработки пищевой кости: автореф. дис. на соискание научн. степени доктр. техн. наук: спец. 05.18.16. – "Технология продуктов питания" / Н.П. Головка. – Харьков.: Мин-во образ. и науки Украины, Харьковский гос. ун-т питания и торговли, 2008. – 40 с.
6. Пат. № 868, МКІІ А21 С1/02. Месильный орган для интенсивного замеса теста / А.Т. Лисовенко, И.А. Щербина, В.П. Янаков. – Заявл. 01.08.2000; Оpubл. 16.07.2001, Бюл. №6.

#### References

1. Yanakov V.P. Obosnovaniye parametrov i rezhimov raboty testomesil'noy mashiny periodicheskogo deystviya: avtoref. dis. na soiskaniye nauchn. stepeni kand. tekhn. nauk: spets. 05.18.12. - "Protsessy i oborudovaniye pishchevykh, mikrobiologicheskikh i farmatsevticheskikh proizvodstv" / V.P. Yanakov. - Donetsk .:-Min vo obraz. i Ukrainy nauki, Donetskiiy nats. un-t ekonomiki i trgovli im. M. Tugan-Baranovskogo, 2011. - 20 s.
2. Grinchenko O.A. Nauchnoye obosnovaniye i razrabotka tekhnologii kulinarnoy produktsii s primeneniyem polufabrikatov funktsional'nykh kompozitsiy na osnove polisakhoridov: avtoref. dis. na soiskaniye nauchn. stepeni doktr. tekhn. nauk: spets. 05.18.16. - "Tekhnologiya produktov pitaniya" / O.A. Grinchenko. - Khar'kov .:-Min vo obraz. i Ukrainy nauki, Khar'kovskiy gos. un-t pitaniya i trgovli, 2005. - 40 s.
3. Meshcheryakov V.I. Avtomatizirovannyye sistemy preobrazovaniya informatsionnykh potokov dlya upravleniya vysokoenergeticheskimi protsessami: avtoref. dis. na soiskaniye nauchn. stepeni doktr. tekhn. nauk: spets. 05.13.06. - "Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya i progressivnyye informatsionnyye tekhnologii" / V.I. Meshcheryakov. - Odessa .:-Min vo obraz. i Ukrainy nauki, Odesskiy nats. politekhn. un-t, 2004. - 40 s.
4. Legeza V.P. Modeli i metod vibrozashchity dinamicheskikh sistem na osnove korotkovo-dempfernykh ustroystv: avtoref. dis. na soiskaniye nauchn. stepeni doktr. tekhn. nauk: spets. 05.02.09. - "Dinamika i prochnost' mashin" / V.P. Legeza. - Kiyev .:-Min-vo obraz. i Ukrainy nauki, Nats. tekhn. un-t Ukrainy Kiyevskiy politekhn. ins-t, 2004. - 40 s.
5. Golovko N.P. Nauchnoye obosnovaniye i razrabotka tekhnologii produktov pitaniya, obogashchonnykh kal'tsiyem, s ispol'zovaniyem produktov pererabotki pishchevoy kosti: avtoref. dis. na soiskaniye nauchn. stepeni doktr. tekhn. nauk: spets. 05.18.16. - "Tekhnologiya produktov pitaniya" / N.P. Golovko. - Khar'kov .:-Min vo obraz. i Ukrainy nauki, Khar'kovskiy gos. un-t pitaniya i trgovli, 2008. - 40 s.
6. Pat. № 868, МКІІ А21 С1 / 02. Mesil'nyy organ dlya intensivnogo zamesa testa / A.T. Lisovenko, I.A. Shcherbina, V.P. Yanakov. - Zayavl. 01.08.2000; Opubl. 16.07.2001, Byul. №6.

#### ФОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТІСТОПРИГОТУВАННЯ

**Анотація:** стаття пов'язана з проблемою вивчення взаємозв'язку теплотехнічних і вологісних характеристик тіста. Досліджено існуючі принципи замісу та запропоновані системи тістоприготування. Вироблена оцінка необхідності видозмінення та обрана більш раціональна послідовність теплотехнічних



характеристик, а також умов реалізації енергетичного впливу тістомісильних машин.

**Ключові слова:** тістоприготування, тістомісильна машина, енерговитрати, тісто, технологія.

### **DOUGH MIXING AND DEVELOPMENT OF ITS CHARACTERISTICS**

**Summary:** article's intend is to study the relationship between humidity and thermal performance characteristics and to look into any challenges that may arise from this relationship. We studied the existing principles of the batch and the proposed system that deals with the dough mixing. We looked into changes and rational sequence of thermal characteristics and conditions of implementation of the energy impact mixers.

**Keywords:** dough preparation, dough mixing machine, energy consumption, dough, technology.