

Таким образом, предложенную теорию процесса массовой кристаллизации необходимо применять для описания процессов, происходящих в промышленных вакуум-аппаратах.

Литература.

1. Бажал И. Г., Куриленко О. Д. Переконденсация в дисперсных системах. — К.: Наукова думка, 1975. — 216 с.
2. Ларичев Т. А., Сотникова Л. В., Сечкарев Б. А., Бреслав Ю. А., Утехин А. Н. Массовая кристаллизация в неорганических системах: учеб. пособие. — Кемерово: Кузбассвузиздат, 2006. — 176с.
3. Мирончук В. Г., Гулий І. С., Погорілий Т. М. Взаємодія парової фази і дисперсної системи при масовій кристалізації цукру // Наукові праці УДУХТ. — Київ: — 1998. — Ч. I, № 4. — С. 68-70.
4. Мирончук В. Г., Погорілий Т. М., Дмитренко І. М. Моделювання теплообміну в процесі рекристалізації сахарози при уварюванні цукрового утфелю // Харчова промисловість. Науковий журнал — Київ: НУХТ, 2012 — №12 — С. 232-236.
5. Погорельий Т. М., Дмитренко И. М. Моделирование процесса рекристаллизации по колебательному механизму на основе численных методов // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы Международного научного форума. — Кемерово, 2013 — С. 220-226.

УДК.664.64.014.

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ ТЕСТОМЕСИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ЗАМЕСЕ ТЕСТА

Янаков В.П. канд. техн. наук, ст. преподаватель

Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь.

Предложены направления повышения эффективности применяемых тестомесильных машин. Проведён анализ распределения энергозатрат при замесе теста в современных тестомесильных машинах. Рассмотрены две группы тестомесильных машин — периодического и непрерывного и пути развития теоретических основ процессов перемешивания и сопутствующих процессов при реализации замеса теста.

Effective power increase ways applied in dough mixers are suggested. Energy loss distribution in modern mixers while mixing is analyzed. Two groups of dough mixers-periodic and continuous and the ways of the development of mixing process theoretical bases and concomitant process when dough mixing are studied.

Ключевые слова — энергозатраты, эффективность, тестомесильная машина, замес теста, анализ, прогресс.

Постановка проблемы. Выбор оптимальных режимов перемешивания, для анализируемых современных тестомесильных машин, основывается на комплексном анализе результатов теоретических и экспериментальных исследований двух актуальных групп тестомесильных машин — периодического и непрерывного. Характер воздействия на перемешиваемую первоначально неоднородную смесь, в последующем тесто, для них является идентичным, с единственной разницей — временной фактор. Это делит их на две различные по типу воздействия на первоначально неоднородную смесь [1]. В качестве объекта исследований приняты:

- тестомесильные машины периодического действия;
- тестомесильные машины непрерывного действия;
- теории процессов перемешивания теста;
- теории сопутствующих процессов;
- критерии развития технических объектов;
- законы построения и развития техники.

Данный комплексный анализ даёт возможность охарактеризовать динамическое развитие современных тестомесильных машин (прикладные исследования) в сочетании с развитием теории процессов перемешивания теста (теоретические исследования) [2]. При этом динамический анализ предоставляет возможность характеризовать преимущества и недостатки прикладных и теоретических исследований по данному направлению во временном факторе, а статистический анализ — достижение энергоэффективности воздействия при реализации замеса теста.

Среди основных показателей, исследуемых современных тестомесильных машин, которые применяются для оптимизации процессов перемешивания и сопутствующих процессов [3], целесообразно выделить характеристики данных процессов: энергетические, технологические и экономические:

Энергетические характеристики — разрешают установить проблемные участки энергозатрат и количественные показатели установленного режима замеса теста. К ним относятся: частота вращения n мин⁻¹, мощность привода N , кВт месильного органа, время замеса теста, удельная работа АП Дж/г, КПД передач η , интенсивность воздействия на тесто U , Вт/н.

Технологические характеристики — позволяют определить и оценить уровень достижения качественных показателей теста в конце технологической операции замеса теста. К ним относятся: масса теста в рабочей камере, m/V кг/л; усредненная теплоёмкость перемешиваемой массы, $ст$ кДж/кг; средняя вязкость смеси, μ Па·с; удельная теплоёмкость теста, $Ст$ кДж/(С кг); количество муки в тесте, M кг.; количество воды по рецептуре теста, B кг. Последующее их фиксирование в конечной продукции, буханке хлеба, соответствие технологии хлебопечения и эффективности направления качественных преобразований в технологической операции замеса теста.

Экономические характеристики — санкционируют обусловленность изменений стоимостных показателей в конце каждой технологической операции их уровню варьирования в пределах применяемой технологии выпуска хлебопекарной продукции. К ним относятся: стоимость тестомесильной машины, Втмм грн.; амортизация тестомесильной машины, АОБ %; норматив перечислений на поточный ремонт и запасные части тестомесильной машины, НХБ %; затраты электроэнергии тестомесильной машины, Вэл грн.; затраты на муку, Рвб грн.; годовая производительность, РП т/год.

Всесторонний анализ вышеперечисленных характеристик технологической операции замеса теста даёт возможность определить режимы, отвечающие максимальной технологической эффективности тестомесильных машин при условии минимальных энергозатрат и максимальной экономической рентабельности хлебопекарного производства.

Цель статьи (задачи). Целью работы является определение структуры энергозатрат, пропорций, уровня статистического и динамического анализа затрат энергии в период осуществления технологической операции замеса теста. Последующая реализация комплексного анализа данного научного подхода даёт возможность определить тенденции развития современных тестомесильных машин.

В своём развитии современные тестомесильные машины поделились на две группы: тестомесильные машины периодического действия и тестомесильные машины непрерывного действия. При всей своей разности в характере воздействия на тесто, времени рабочего цикла и энергетике замеса, они имеют общее: получение готового продукта из первоначально неоднородной смеси — теста. Анализ процессов перемешивания и сопутствующих процессов направлен на определение характера воздействия на рецептурные добавки хлебопекарных изделий. Вне зависимости от типа воздействия, в ходе выполнения технологической операции замеса теста, тестомесильные машины были отобраны по критерию: примерно равная мощность привода на валу месильного органа. При этом дополнительно был выбран ряд требований.

Допущения:

- идентичность применяемой технологии хлебопечения и замеса теста;
- тождественность входных рецептурных составляющих;
- требования к условиям выполнения технологической операции замеса теста постоянны;
- технологический такт операции замеса теста и последующих операций согласованны.

Ограничения:

- мощность привода месильного органа константна;
- время воздействия на тесто при реализации операции замеса теста является стабильным и задано по технологии операции;
- частота вращения месильного органа постоянна;
- масса входных рецептурных компонентов и теста неизменна.

Обработка результатов экспериментальных и теоретических исследований основывались на статистическом и динамическом анализе. Развитие тестомесильных машин периодического действия и тестомесильных машин непрерывного действия за последние годы шло в направлении повышения уровня энергонасыщенности процесса замеса теста. Учёт качественных преобразований был стабилизирован и решался за счёт применения синтетических добавок. В таблице¹ представлена выборка современных тестомесильных машин, широко распространённых на территории Украины в хлебопекарном производстве [4].

Таблица 1 – Технические характеристики работы современных тестомесильной машины

Марка машины	Мощность привода, N, кВт.	КПД передач, η, %.	Масса теста в рабочей камере m/V, кг/л.	Частота вращения рабочего органа n, мин-1	Интенсивность U, Вт/п.	Длительность замеса теста t, с.	Удельная работа АП, Дж/г.
Тестомесильные машины периодического действия							
Т1-ХТ2А	3,0	0,7	150/330	24,2	0,014	500	7
Стандарт	4,5	0,4	150/330	23,5	0,012	500	6
А2-ХТБ	5,0	0,5	150/330	60,0	0,017	360	6
Тестомесильные машины непрерывного действия							
Х-12	2,8	0,7	42/80	48	0,047	180	8
А2-ХТТ	2,8	0,8	50/80	48	0,045	200	9,6
И8-ХТА-12/1	4,0	0,8	100	90	0,033	300	10

Проанализировав таблицу 1 возможно отчетливо установить направления совершенствования современных тестомесильных машин: рост мощности N привода месильного органа, повышение КПД η передач, увеличение массы теста m/V в рабочей камере при увеличении интенсивности U воздействия на тесто. Значительным изъяном предоставленного подхода является возможность корректировки и анализа энергетического воздействия в ходе реализации замеса теста и последующих повторений данного цикла энергетического воздействия.

На нынешний момент сформировалась необходимость формирования новых подходов в развитии теории и практики современных тестомесильных машин. При исследовании энергозатрат, при замесе теста, была выбрана уточнённая теория энергетического баланса тестомесильной машины [5]. В процессе воздействия на первоначально неоднородную смесь, в последующем на тесто, тестомесильная машина совершает однотипные циклические движения месильного органа. Расход затраченной работы на протяжении трёх периодов замеса теста носит изменяемый характер. В течении процесса перемешивания, распределение и характер затраченной энергии на совершаемую работу имеет изменяемый вид и может варьироваться в пределах допустимых границ. При этом суммарная работа, по выделенным семи направлениям, может быть просуммирована:

$$A_{\text{эф}} = \frac{A_1}{A_3} \tag{1}$$

$$A_{\text{пит}} = A_{\text{пт}} / m \tag{2}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_{\text{гид}} \tag{3}$$

$$N = \frac{A_{\text{п}}}{\eta_1 \eta_2} \tag{4}$$

где A — работа за один оборот месильного органа, Дж/об;

A₁ — работа на придание кинетической энергии частицам смеси во время замеса теста массы компонентов, Дж/об;

A₂ — работа, затраченная на перемещение месильных органов машины, Дж/об;

A₃ — работа, затраченная на нагрев структурных компонентов теста и взаимодействующих с ними частей тестомесильной машины, Дж/об;

A₄ — работа, воздействующая на перемещение ингредиентов и смеси, способствующая изменению молекулярно-энергетических характеристик теста, Дж/об;

A_{гид} — энергия, затраченная на гидратацию компонентов, Дж/об;

A_{эф} — коэффициент эффективности использования энергии.

Анализируя формулы 1-4, можно чётко определить границы совершенствования современных тестомесильных машин по данной теории — комплексное улучшение энергетического воздействия на тесто направленного на учёт и распределение энергозатрат в каждом периоде замеса теста.

В процессе теоретического анализа тестомесильных машин при помощи численного метода опираемся на уточнённую теорию энергетического баланса тестомесильной машины [6]. Для расчёта энергозатрат при замесе теста по восьми показателям учитываем две группы: тестомесильные машины периодического действия и тестомесильные машины непрерывного действия. Расчётные данные представлены в таблице 2.

Подвергнув анализу таблицу 2 возможно установить зависимости и распределение видов работ при совершении замеса теста. Детальный анализ полученных данных демонстрирует, что независимо от группы: тестомесильные машины периодического действия и тестомесильные машины непрерывного действия, энергия на нагрев теста A_3 находится в пределах 75-85%, а работа направленная на перемешивание и образование необходимой структуры теста A_1 , A_4 и $A_{гид}$ в пределах 15-20%.

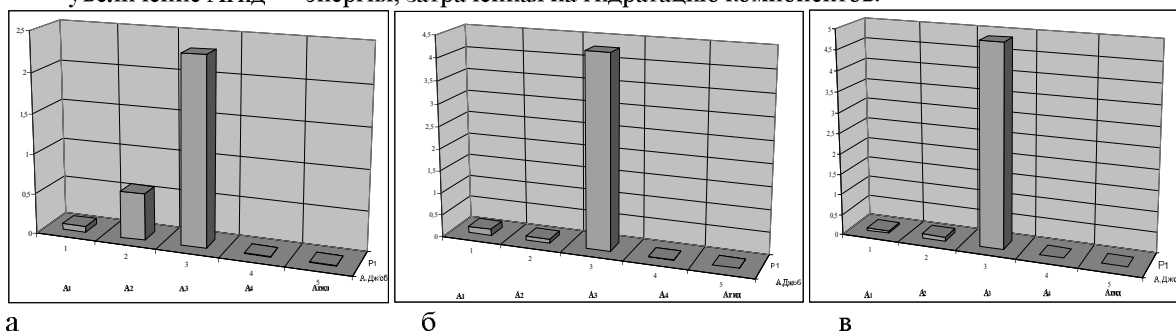
При этом немаловажным изъяном предоставленного подхода показывается отсутствие потенциала определения реологических свойств перемешиваемого сырья, а в последующем и теста, качественных преобразований, а также их взаимосвязи с энергетикой процесса перемешивания и отсутствие учёта сопутствующих процессов [7]. С другой стороны, табличные данные представленные в виде графиков структуры – рис. 1-2. дают наглядное представление о низкой технологической и технической эффективности современных тестомесильных машин периодического действия и непрерывного действия. При этом независимо от временного характера, уточнённая теория энергетического баланса тестомесильной машины точно описывает энергонасыщенность тестомесильных машин, в пределах 1-1,5%.

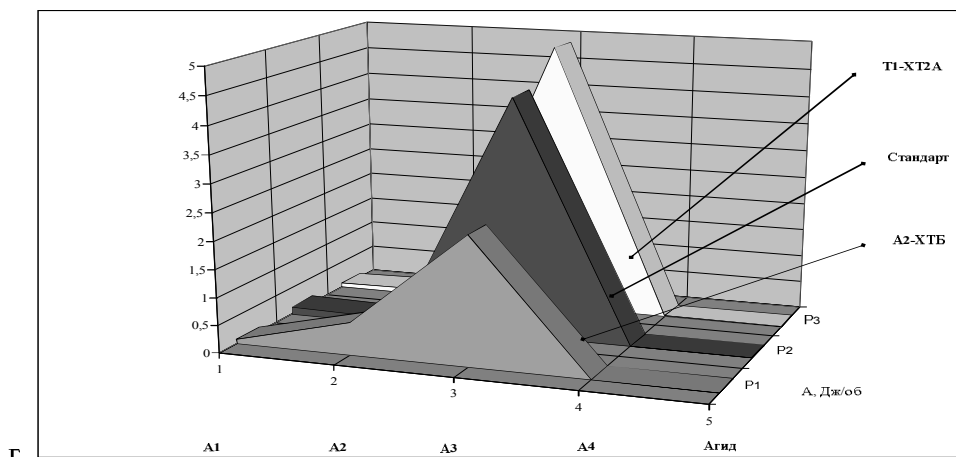
Таблица 2 – Основные показатели работы современных тестомесильной машины

Марка машины	N кВт.	АП, Дж/г	A, Дж/об	A1, Дж/об	A2, Дж/об	A3, Дж/об	A4, Дж/об	Aгид, Дж/об
Тестомесильные машины периодического действия								
T1-XT2A	3,0	7	5,25	0,068	0,106	4,881	0,004	0,011
Стандарт	4,5	6	4,62	0,139	0,092	4,297	0,002	0,009
A2-XTБ	5,0	6	2,5	0,076	0,59	2,321	0,004	0,006
Тестомесильные машины непрерывного действия								
X-12	2,8	8	2,33	0,069	0,044	2,167	0,001	0,005
A2-ХТТ	2,8	9,6	3	0,090	0,060	2,790	0,002	0,006
И8-ХТА-12/1	4,0	10	2,22	0,067	0,044	2,065	0,001	0,004

Разработанная методика оценки работы современных тестомесильных машин позволяет не только оценить энергетическую эффективность их работы, но и наметить пути их совершенствования [8]. Направления совершенствования по следующим показателям:

- уменьшение A_3 работы, затраченная на нагрев структурных компонентов теста и взаимодействующих с ними частей тестомесильной машины;
- увеличение A_1 — работы на придание кинетической энергии частицам смеси во время замеса теста массы компонентов;
- повышение A_4 — работа, воздействующая на перемещение ингредиентов и смеси, способствует изменению молекулярно-энергетических характеристик теста;
- увеличение $A_{гид}$ — энергия, затраченная на гидратацию компонентов.

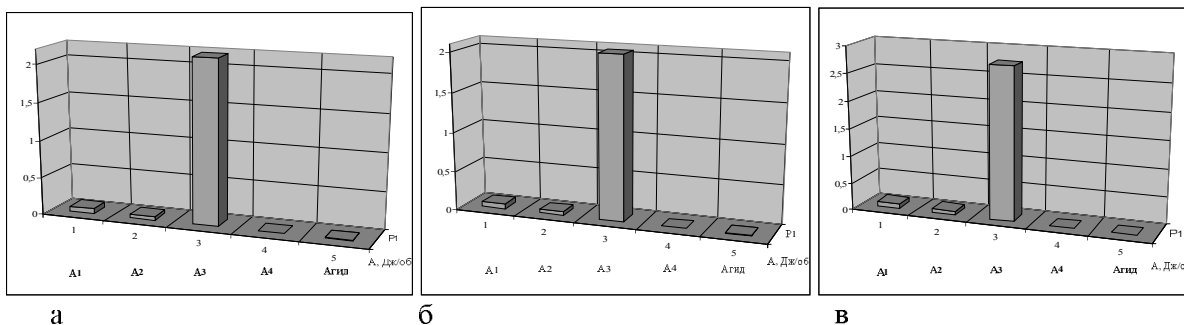




Г

- 1 – распределение видов работ у тестомесильной машины Стандарт;
- 2 – распределение видов работ у тестомесильной машины Т1-ХТ2А;
- 3 – распределение видов работ у тестомесильной машины А2-ХТБ;
- 4 – сравнительный анализ структуры энергонасыщенности тестомесильных машин.

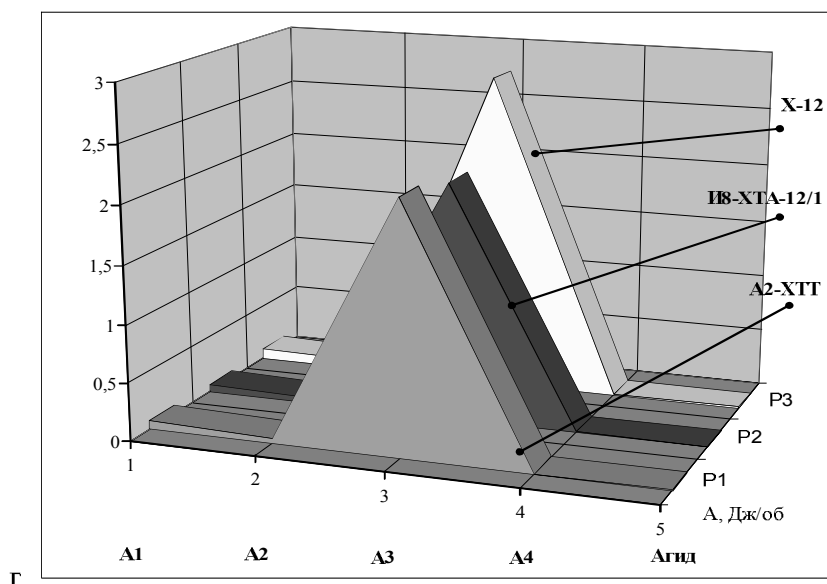
Рис.1 – Анализ энергонасыщенности тестомесильных машин периодического действия



а

б

в



Г

- 1 – распределение видов работ у тестомесильной машины X-12;
- 2 – распределение видов работ у тестомесильной машины ИВ-ХТА-12/1;
- 3 – распределение видов работ у тестомесильной машины А2-ХТТ;
- 4 – сравнительный анализ структуры энергонасыщенности тестомесильных машин.

Рис. 2 — Анализ энергонасыщенности тестомесильных машин непрерывного действия

Повышение эффективности процессов перемешивания и сопутствующих процессов возможно по двум направлениям:

- стандартный подход: увеличение энергонасыщенности, применение новых месильных органов, увеличение объема рабочей камеры тестомесильной машины;
- нестандартный подход: анализ и корректировка энергетических и качественных преобразований при выполнении и повторении технологической операции замеса теста, целенаправленное применение вибрации, оптимизация рецептурных компонентов и технологии производства хлебопекарных изделий, анализ реализуемых процессов и внедрение новых при осуществлении энергетического воздействия.

Выводы. В связи с этим, учитывая всё выше сказанное, можно сделать следующие выводы:

Сформулирован комплексный анализ тестомесильных машин. Охарактеризовано динамическое развитие тестомесильных машин (прикладные исследования) в сочетании с развитием теории процессов перемешивания теста (теоретические исследования).

Выделены основных показателей, исследуемых современных тестомесильных машин: энергетические, технологические и экономические характеристики данных процессов.

Определен ряд требований к тестомесильным машинам: допущения и ограничения.

На основании уточненной теории энергетического баланса тестомесильной машины описана энергонасыщенность современных тестомесильных машин.

Разработана методика оценки работы современных тестомесильных машин позволяющая, не только оценить энергетическую эффективность их работы, но и наметить пути их совершенствования.

Литература

1. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности / [А.Т. Лисовенко, И.Н. Литовченко, И.В. Зирнис и др.]; под ред. А.Т. Лисовенко - К.: Урожай. 1990. – 192 с.
2. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробів / [О.Т. Лисовенко, І.Н. Литовченко, І.В. Зирнис и др.]; під ред. О.Т. Лисовенко. - К.: Наукова думка. 2000. – 282 с.
3. Процеси і апарати харчових виробництв / під ред. І.Ф. Малежика. – К.: НУХТ. 2003. – 400 с.
4. Янаков В.П. Обґрунтування параметрів і режимів роботи тістомісильної машини періодичної дії: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.12. – “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / В.П. Янаков. – ДонДУЕТ., – 2011. – 20 с.
5. Янаков В.П. Розгляд впровадження інноваційних технологій у хлібопекарне виробництво / І Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Теорія і практика забезпечення ефективного розвитку суб'єктів ринку», 20 листопада 2012 року. Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України Вищий навчальний заклад Укоопспілки Полтавський університет економіки і торгівлі Тези доп.– С. 299-301.
6. Янаков В.П. Исследование методик совершенствования процессов тестомесильных машин / "Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг", присвяченої 45-річчю Харківського державного університету харчування та торгівлі, 18 жовтня 2012 року. Тези доп. – С. 399-400.
7. Янаков В.П. Визначення ефективності економічної оцінки інновацій в тістомісильних машинах / Стан та передумови стійкого розвитку аграрного сектору в умовах трансформаційних процесів у світовій економіці /колективна монографія. Під ред. д.е.н. проф. Ю.О. Нестречук ч.2. – Умань: Видавничо-поліграфічний центр “Візаві”, 2013. – 283 с.
8. Янаков В.П. Підвищення ефективності першого періоду замісу тіста методом математичного моделювання / Інформатика та системні науки IV всеукраїнська научн.-практ. конф. (21-23 березня 2012 р.) / Укоопспілки Полтавській ун-т. економіки та торгівлі Тези доп. 2013. - С. 304-307.