

ний, не токсичний, менш вибухонебезпечний, та такий, що легко відділяється від олії методом відстоювання з подальшим довипаровуванням.

### Література

1. Бандура В.М. Інтенсифікація масоперенесення в екстрагуванні рослинних олій / В.М. Бандура, Л.М. Коляновська // Інтегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал – Харків: НТУ "ХПІ", 2013. – № 2. – С. 144-147.
2. Коляновська Л.М. Кінетика екстрагування олії із сої та ріпаку / Л.М. Коляновська, В.М. Бандура // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: ОНАХТ, 2012. – Вип. 41. – Том 2. – С. 101-106.
3. Терзієв С.Г. Кінетика та статика екстрагування олії з відходів харчових виробництв / С.Г. Терзієв, Н.В. Ружицька, В.М. Бандура, Л.М. Коляновська // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: ОНАХТ, 2012. – Вип. 42. – Том. 1. – С. 344-348.
4. Бандура В.М. Інтенсифікація екстрагування рослинних олій електромагнітним полем / В.М. Бандура, Л.М. Коляновська // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: ОНАХТ, 2011. – Вип. 39. – Том 2. – С. 186-190.
5. Бандура В.М. Обробка експериментальних даних процесу екстрагування рослинних олій мікрохвильовим полем / В.М. Бандура, Л.М. Коляновська // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: ОНАХТ, 2013. – Вип. 43. – Том 2. – С. 66-69.
6. Бандура В.М. Розробка алгоритму розрахунку екстрактора з електромагнітним інтенсифікатором / В.М. Бандура, Л.М. Коляновська // Наукові праці Національного університету харчових технологій – К.: НУХТ, 2013. – № 52. – С. 62– 68.

УДК 664.653.1.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПЕРИОД ЗАМЕСА ТЕСТА

**Янаков В.П., канд. техн. наук, старший преподаватель  
Таврический государственный агротехнологический университет, Мелитополь**

*Дан анализ направления эволюции конструкции тестомесильных машин. Проведены исследования взаимосвязи теплотехнических характеристик при реализации процессов перемешивания и сопутствующих процессов. Рассмотрена связь интенсивности перемешивания и степени перемешивания.*

*The article analyzes critical milestones during the dough mixing equipment evolution. We researched benefits and possible commonalities between the technological characteristics and processes. We took a close look at possible linkages between the intensity and degree of mixing and draw conclusions.*

Ключевые слова: тестомесильная машина, процесс, параметр, технология, тесто, энергетика, взаимосвязь.

Постановка проблемы. Законы развития техники [1] определяют вопросы:

- установление развития и перехода от предыдущего поколения тестомесильных машин (ТММ) к следующему усовершенствованному поколению ТММ;
- какие структурные видоизменения, при какой обстановке, происходит переход от поколения к поколению ТММ;
- специализированы для решения научно-технических задач и дают возможность осуществить методику системного иерархического выбора наилучших конструкторско-технологических решений ТММ.

Исчерпывающий анализ перечисленных характеристик конструктивной эволюции ТММ даёт возможность установить режим, соответствующий наибольшей технологической результативности ТММ при условии наименьших энергозатрат и максимальной экономической рентабельности хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства. Энергетическое воздействие ТММ осуществляется на перемешиваемую среду, которая на 80 – 90 % состоит из муки. Высокие тепловые потери при реализации процесса замеса теста (91-94%) и высокая тепловая инерция муки, определяют возможность варьирования передачи кинетической энергии от ТММ к перемешиваемой среде, таблица 1.

Таблица 1 – Теплотехнические параметры муки

№ п/п	Показатель предела	Параметры пред- ела		Ширина коридора, %
		Ниж- ний	Вер- хний	
1.	Кoeffициент теплопроводности $\lambda$ ккал/(м•ч•град).	0,1	0,29	190
2.	Кoeffициент температуропроводности $a \cdot 10^4$ м <sup>2</sup> /ч	2,99	3,99	34
3.	Удельная массовая теплоёмкость $c$ ккал/(кг•град).	0,388	0,680	75
4.	Продолжительность замеса теста $t$ , мин.	6	90	1400
5.	Плотность теста $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> .	16,22	20,03	24
6.	Удельная теплоёмкость $c_1$ , Дж/(кг•К).	2365	2415	2
7.	Вязкость теста по Гораздовскому $\eta_3$ , при 30 °С.	$2,3 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^5$	28

Проанализировав таблицу 1 возможно чётко определить тенденции улучшения энергетического воздействия ТММ — возможность варьирования передачи кинетической энергии от ТММ к перемешиваемой среде при учёте изменения теплотехнических параметров муки и тепловых потерь энергетического воздействия самой ТММ. Анализ таблицы 1, приведенных статистических значений, даёт возможность прийти к выводу — оценка параметров элементов изучаемой системы режимных показателей теплотехнических параметров муки, как сырья хлебопекарного, кондитерского и макаронного производства, обуславливает уровень энергозатрат ТММ и необходимую степень качественных показателей выпускаемой продукции. На основании анализа варьирования, приведенных статистических значений, возможно сделать вывод — изменение теплотехнических параметров муки варьируется в пределах 2%-1400%,  $\Sigma K_{\min}$  – 2%,  $\Sigma K_{\max}$  – 1400%,  $\Sigma K_{\text{сум}}$  – 250%. Существенным недостатком данного подхода является невозможность корректировки и анализа энергетического воздействия в ходе реализации замеса теста.

Цель статьи (задачи). Целью статьи является исследования, касающиеся серийно изготавливаемых ТММ. При формировании нового поколения, ТММ [2] задаются несколькими путями дальнейшего конструктивного улучшения и эволюции технологических и технических параметров эксплуатируемых ТММ. Это правило, не относится к редкостным ТММ, для них остается условие изготовления и применения в эволюции техники. При анализе эволюционной цепочки и отборе для неё поколений ТММ придерживались следующих надлежащих правил — всякая функция и функциональная структура могут обладать множеством конструкций, выполняющих энергетическую функцию. При этом многие ТММ и их составляющие могут состоять из частей, которые реализовывают не менее одной функции. Форма анализа, коррекция и реализация процесса энергетического воздействия представлены на рисунке 1.

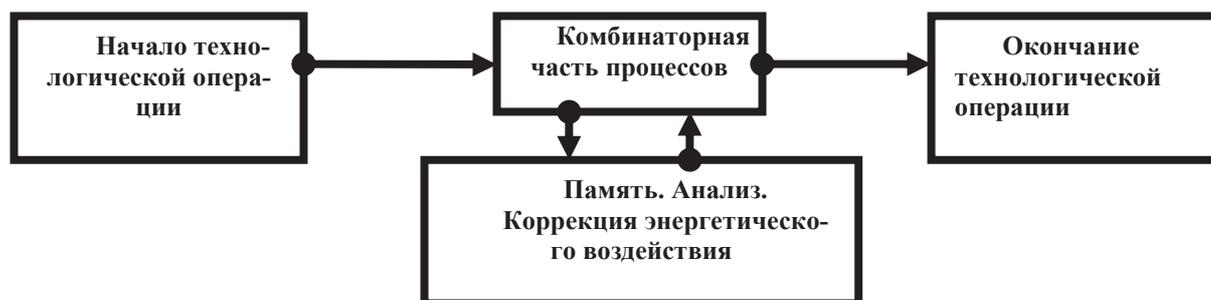


Рис. 1 – Структурная схема управления процессом замеса теста тестомесильной машиной

Анализ рисунка 1 даёт возможность установить алгоритм работы ТММ в зависимости от распределения типов работ при реализации замеса теста: видоизменение заданной функции, требований, условий наиболее целесообразной функциональной структуры разрабатываемого ТММ, установление наиболее действенного физического принципа действия, реализации поиска целесообразного технического решения для предпочтительного принципа действия, моделирование принятого технического решения и оптимизация его параметров. Исследование эволюции конструкции ТММ связано с изучением и анализом истории формирования ТММ, имеющих одинаковые или схожие функции. Проведение анализа эволюции конструкций ТММ, опирается на возможность варьирования энергетической и тепловой нагрузок при реализации технологической операции замеса теста, которое в последующем реализуется в качественные преобразования выпускаемой продукции.

**Основанная часть.** Методика проектирования ТММ не останавливается на общих ответах. На начальном этапе, единство теории выражается обоснованием законов построения и развития ТММ. Суть проектирования ТММ основана на следующем — каждая часть от узлов до деталей и конструктивная особенность обладают совершенно обусловленной функцией (направлением) по обеспечению работы ТММ. Если в ТММ элемент или признак, прекращает функционировать, исполнять собственное назначение, происходит ухудшение показателя работы ТММ [3]. В связи с этим у точно спроектированных ТММ нет «бесполезных деталей». При предоставленной методике иерархическое улучшение конструкции ТММ не работает до тех пор, пока не будут достигнуты наилучшие параметры и не сможет совершиться переход к свежему техническому решению, пока не будет исчерпан потенциал оптимальной ТММ. В условиях установленного принципа действия, не может случиться переход к новейшему принципу действия. Среди всех иных путей методики проектирования ТММ только один является наиболее точным и перспективным. Он опирается на ряд допущений и ограничений в технологической и технической сферах проектирования и теории.

Ограничения:

- теплотехнические параметры муки стабилизированы и их максимальное отклонение достигает 2%.
- структура работы — устойчивы;
- уровень к.п.д. (0,4-0,8) затраты мощности (2,8-5,0 кВт), интенсивность воздействия на тесто (0,012-0,047 Вт/с) и удельной работы (6-10 Дж/г).
- технические требования к условиям выполнения технологической операции замеса теста стабильны.
- Статистические значения технических параметров представлены в таблице 1.
- Допущения:
- идентичность применяемой технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств;
- стабильность рецептуры технологии;
- в замешиваемом объёме рабочей ёмкости вода и мука составляют 90-95%;
- технологические параметры — показатель предела, параметры предела и ширина коридора постоянны;
- в технологическом параметре отклонения предела стабилизированы и их максимальное отклонение достигает 2 %.

Статистические значения технологических параметров представлены в таблице 2 и 3.

**Таблица 2 – Рецептурные сортовые параметры муки**

№ п/п	Показатель предела	Параметры предела		Ширина коридора, %
		Нижний	Верхний	
<b>Крупность помола муки, мкм.:</b>				
8.	Мука высшего сорта.	43	45	5
9.	Мука первого сорта.	35	36	2
10.	Мука второго сорта.	27	28	2
11.	Обойная мука.	067	068	2
<b>Содержание клейковины, % не менее:</b>				
12.	Мука высшего сорта.	26	28	8
13.	Мука первого сорта.	26	30	15
14.	Мука второго сорта.	23	25	9
15.	Обойная мука.	18	20	11

**Таблица 3 – Входные параметры жёсткости воды**

№ п/п	Показатель предела — на 1 л. (мг•экв.) или 20,04 мг Са или 21,16 мг Mg в 1 л. Н <sub>2</sub> O.	Параметры предела		Ширина коридора, %
		Нижний	Верхний	
16.	Очень мягкая.	0,3	1,5	400
17.	Мягкая.	1,5	3,0	100
18.	Умеренно жёсткая.	3,0	6,0	100
19.	Жёсткая.	6,0	9,0	50
20.	Очень жёсткая.	9,0	13,5	50

Проанализировав таблицы 2 и 3 возможно сделать вывод — возможно чётко определить направления варьирования рецептурных сортовых параметров муки и входных параметров жёсткости воды. Немаловажным дефектом данных статистических данных является широкий размах, (2-400%) отклонений

входных данных сырья хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств [4]. Класс задач ТММ, связанный с поиском новых рациональных функциональных связей, связан с целью поиска более эффективных конструкторско-технологических решений. Получение дополнительной эффективности существенно превышающей дополнительные, ныне существующий уровень ТММ, связан с новым техническим решением или принципом действия без исчерпания возможностей предыдущего технического решения или принципа действия. Он выражается в объединении в единую теоретическую основу [1,5,6] энергетики воздействия ТММ и качественных преобразований теста. Допущения и ограничения объединяются в критерий интенсивности перемешивания  $K_{II}$  рабочей ёмкости. Проведём расчёт:

$$K_{II} = \frac{Y}{\tau} \quad (1)$$

где:  $K_{II}$  – интенсивность перемешивания, с-1;

$\tau$  – продолжительность перемешивания, с.

$Y$  – степень перемешивания, %. Определяем по уравнению:

$$Y = (X_1 + X_2 + \dots + X_i + \dots + X_n) / \sum_{n=0}^{\infty} n \quad (2)$$

где,  $n$  – число взятых проб.

$X$  – относительная концентрация ключевого компонента во взятых пробах, %.

В свою очередь  $X_i$  представляет собой отношение

$$x_i = (\Phi_i / \Phi_0) 100 \quad (3)$$

где,  $\Phi_i$  – массовая доля ключевого компонента в пробе, кг/м<sup>3</sup>;

$\Phi_0$  – массовая доля ключевого компонента в перемешиваемой системе, кг/м<sup>3</sup>.

Произведём подстановки в уравнение 2 и преобразования на основании допущений — наиболее весомыми частями по массе являются 4 компонента. При реализации технологии основными являются следующие компоненты:  $\Phi_1$  – мука;  $\Phi_2$  – вода;  $\Phi_3$  – дрожжи;  $\Phi_4$  – соль.

$$Y = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{4} \quad (4)$$

$$x_i = \frac{100\Phi_i}{\Phi_0} \quad (5)$$

$$Y = \left( \frac{100\Phi_1}{\Phi_0} + \frac{100\Phi_2}{\Phi_0} + \frac{100\Phi_3}{\Phi_0} + \frac{100\Phi_4}{\Phi_0} \right) / 4 \quad (6)$$

$$Y = 0,25 \left( \frac{100\Phi_1}{\Phi_0} + \frac{100\Phi_2}{\Phi_0} + \frac{100\Phi_3}{\Phi_0} + \frac{100\Phi_4}{\Phi_0} \right) \quad (7)$$

$$Y = \frac{25\Phi_1}{\Phi_0} + \frac{25\Phi_2}{\Phi_0} + \frac{25\Phi_3}{\Phi_0} + \frac{25\Phi_4}{\Phi_0} \quad (8)$$

$$Y = \frac{25}{\Phi_0} (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4) \quad (9)$$

Энергия расходуемая ТММ на степень перемешивания, определяется в зависимости от заданной продолжительности перемешивания  $\tau$

$$E = N_D \tau \quad (10)$$

где,  $E$  – энергия расходуемая на перемешивание ТММ, кВт•ч;

$N_D$  – мощность двигателя, приводящего в движение месильный орган ТММ, кВт.

Выведем из уравнения 10 заданную продолжительность перемешивания  $\tau$

$$\tau = \frac{E}{N_D} \quad (11)$$

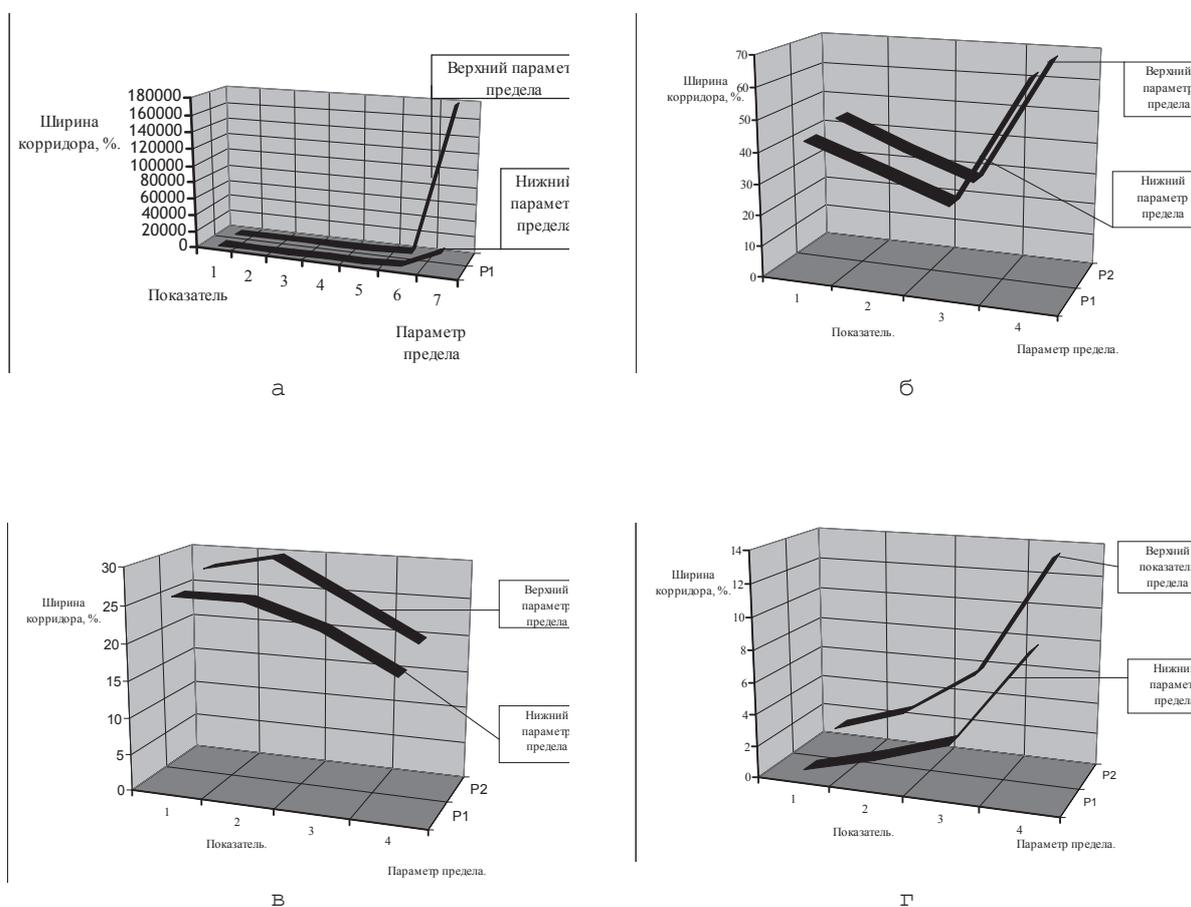
Подставим в уравнение 1 интенсивность перемешивания  $K_{II}$  степень перемешивания  $Y$  уравнение 2

$$K_{II} = \frac{25(\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4)}{\Phi_0} \cdot \frac{E}{N_D} \quad (12)$$

$$K_{II} = \frac{25(\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4)}{\Phi_0} \cdot \frac{N_D}{E} \quad (13)$$

$$K_{II} = \frac{25N_D}{E \cdot \Phi_0} (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4) \quad (14)$$

Подвергнув анализу вывод интенсивности перемешивания  $K_n$ , уравнения 1-14, можно установить зависимость и распределение интенсивности перемешивания  $K_n$  и степени перемешивания  $У$  при реализации технологической операции замеса хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста. Тщательный анализ приобретенных данных показывает, что интенсивность перемешивания  $K_n$  находится в прямой зависимости от энергии передаваемой ТММ через месильный орган и дополнительные устройства, а также от качественных, технологических и рецептурных показателей хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста. Технологическая операция замеса теста [7] рассматривается как закономерность иерархического исчерпания конструкции ТММ, при соблюдении требований к реализации к реализуемым процессам. Существование необходимого научно-технического потенциала даёт возможность перейти к новейшему техническому решению или принципу воздействия на перемешиваемый материал, снабжает приобретение прибавочной результативности, координально повышающая качественные и энергетические показатели ТММ. При этом происходит скачок к новому техническому решению и принципу влияния без исчерпания потенциала, предшествующего техническому решению и принципу деяния. Он базируется на сочетании и моделировании всех факторов, определяющих уровень технологической операции замеса хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста, рисунок 2,3.



*а – распределение ширины корридора технологических параметров муки; б – распределение корридора крупности помола муки; в – распределение корридора содержания клейковины; г – распределение корридора параметров жёсткости воды*

**Рис. 2 – Структура варьирования входных технологических показателей при реализации процесса замеса теста**

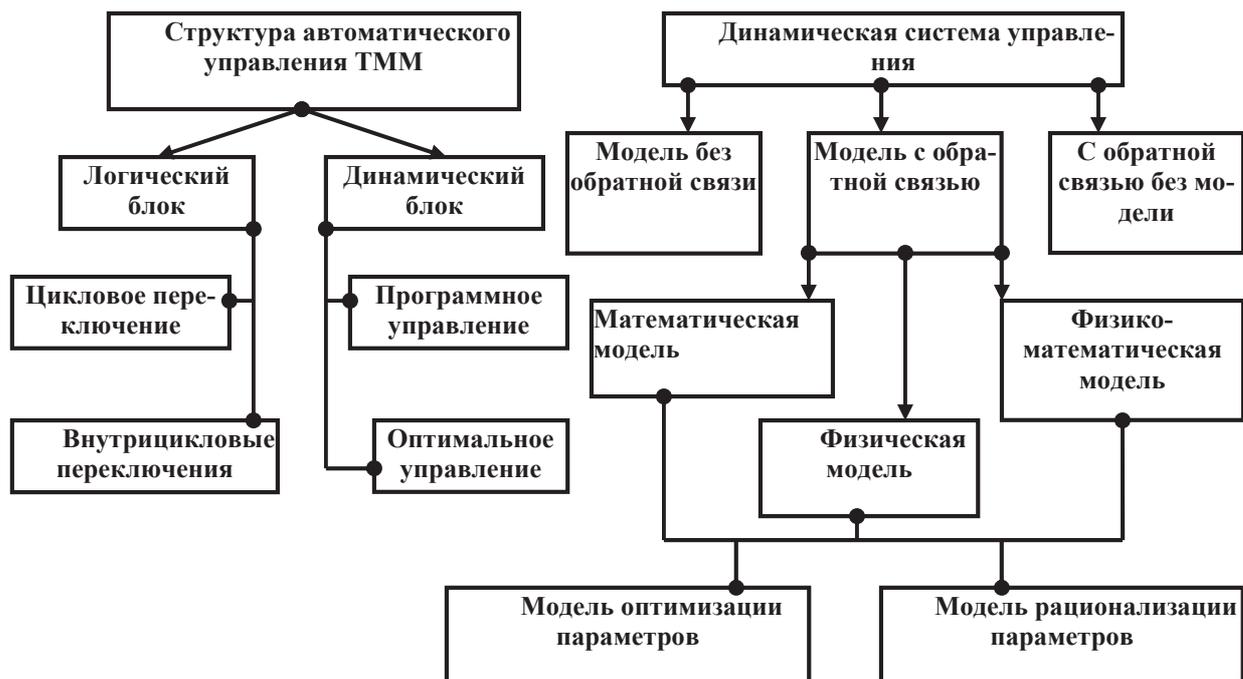


Рис. 3 – Структура автоматизированного управления ТММ с построением уровней классификации достаточного управления энергетического воздействия

Проанализировав рисунок 2 и 3 можно определить структуру варьирования входных технологических показателей при реализации процесса замеса теста. Структура автоматизированного управления ТММ с построением уровней классификации достаточного управления даёт возможность настраивать энергетическое воздействие ТММ в зависимости от поставленной цели хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств.

Анализ энергетического воздействия на хлебопекарное, кондитерское и макаронное тесто ТММ позволяет реализовывать идеи, [8] имеющие значительные различия от прототипов. Это требование разрешает освободить эволюционную цепочку от малоинтересных идей конструктивной эволюции. Описание содержит данные: суть критерия, время, причины его возникновения, формула, способ получения критерия, установку шкалы, единицы измерения, диапазон, характер изменения данных критерия в часе. Приведенные критерии обладают связью с анализируемыми классам ТММ с равными или близкими функциями, связью к нескольким классам ТММ с всевозможными функциями, обусловленными групповыми чертами ТММ, располагает связью к ТММ с функцией достаточного управления энергетического воздействия в процессе замеса теста.

**Выводы.** Получены результаты для определения эффективности энергетического воздействия ТММ, которые находятся во взаимосвязи со структурой варьирования входных технологических показателей. В связи с этим можно сделать следующие выводы:

- дан исчерпывающий анализ теплотехнических характеристик процесса замеса хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста;
- определён алгоритм работы ТММ в зависимости от распределения типов работ при реализации замеса теста;
- установлена методика проектирования ТММ;
- обусловлен класс задач ТММ, связанный с поиском новых более рациональных функциональных связей для поиска более эффективных конструкторско-технологических решений;
- установлена зависимость между распределением интенсивности перемешивания  $K_p$  и степенью перемешивания  $У$  при реализации технологической операции замеса хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста;
- определена база моделирования всех факторов, определяющих уровень технологической операции замеса хлебопекарного, кондитерского и макаронного теста.

## Література

1. 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.
2. Хассай Д.В. Визначення технологічної ефективності сучасних тістомісильних машин / Д.В. Хассай, В.П. Янаков, М.В. Голованів. Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. – Мелітополь.: ТДАТУ. 2012, Вип.13. Т.1. - С.227-234.
3. Івженко А.О. Основні підходи до аналізу тристадійної моделі замісу тіста / А.О. Івженко, В.П. Янаков, Я.В. Самек / Тематич. науч.-техн. сборник. Праці Таврійської держ. агротехн. акад. – Мелітополь.: ТДАТУ. 2013. Вип.13. Т.6. - С.185-196.
4. Янаков В.П. Реализация энергетического воздействия в замесе теста / В.П. Янаков. “Актуальные задачи пищевой промышленности и АПК России в условиях вступления в ВТО” VIII научн.-практ. конф., (г. Новгород 18-19 июня 2013г.) / Мин-во образ. и науки РФ, Мин-во с/хоз. и прод. ресурс. Нижегородской обл. Ниж. Инст. технологий и управления (филиал) ФГБОУ ВПО «МГУ техн. и упр. и. К.Г.Разумовского» -2013. Тез. доп. – С. 120-123.
5. Липатов Н.Н. Процессы и аппараты пищевых производств / Н.Н. Липатов. – М.: Экономика, 1987. – 272 с.
6. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевых производств / Г.Д. Кавецкий, Королев А.В. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
7. Антропова Л.Н. Определение условий реализации первого периода замеса теста / Л.Н. Антропова, В.П. Янаков, Д.В. Степанов / "Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг", междунар. научн.-практ. конф. (м. Харків 18 жовтня 2013 року.) / Мин-во освіти і науки, молоді та спорту України, Харк. нац. ун-т харчування та торгівлі - 2012 Тези доп. – Т.1. С. 310-311.
8. Янаков В.П. Определение уровня изменения режимных показателей тестомесильных машин / В.П. Янаков, А.О. Івженко, С.Д. Мазілін "Інформатика та системні науки" V всеукраїнська научн.-практ. конф. (13-15 березня 2014 р.) / Укоопспілки Полтавської ун-т. економіки та торгівлі - 2014. Тези доп. - С. 324-326.

УДК 664.61

## КЛАСИФИКАЦІЯ ТЕСТОМЕСИЛЬНИХ МАШИН І АЛГОРИТМ ІХ ВИБОРА

Русалин С.М., канд. техн. наук, доцент, Юшко В.Л., д-р техн. наук, професор,  
Кривич Т.Э., магістрант

Государственное высшее учебное заведение « Украинский государственный химико-  
технологический университет», г. Днепрпетровск

*Разработана обобщенная классификация тестомесильных машин, отражающая их режимно-технологические и аппаратурно-конструктивные особенности и алгоритм выбора тестомесильных машин, исходя из существующих технологических задач.*

*The generalized classification of kneading machines, reflecting their technological regime-and hardware-design features and selection algorithm kneading machines, based on existing technological problems.*

Ключевые слова: тестомесильная машина, алгоритм выбора, непрерывный процесс, крутое тесто

В хлебопекарной, макаронной, кондитерской промышленности, в сфере общественного питания на различных этапах технологического процесса широко применяются смесительные машины. Процесс перемешивания может осуществляться с различной интенсивностью, частотой воздействия рабочего органа и длительностью в зависимости от конструкции смесителя и свойств обрабатываемых компонентов. Процесс замеса заключается в смешивании составных частей теста (муки, воды, дрожжей, соли, сахара, масла и других продуктов в однородную массу, придания этой массы необходимых физико-механических свойств и насыщении ее воздухом с целью создания благоприятных условий для брожения). Замес не является простым механическим процессом; он сопровождается биохимическими и коллоидными явлениями и повышением температуры теста, при переходе механической энергии в тепло-