

УДК.664.653.122.; 664.653.124

## АДАПТАЦИЯ ТЕСТОМЕСИЛЬНЫХ МАШИН К КОРАБЕЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Янаков В.П., к.т.н.

*Таврический государственный агротехнологический университет  
Тел/факс (0619) 421–306.*

**Аннотация** — в статье рассмотрен вопрос определения направления соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё в тестомесильных машинах по реализации процессов перемешивания теста. Найден промежуток варьирования параметров  $P_{\text{опт}}$ , который даёт возможность, опираясь на выбранные критерии  $K_{\text{ТМ}}$ ,  $K_{\text{Т.В.}}$ ,  $K_{\text{И.М.}}$ ,  $K_{\text{Э.}}$ , достичь заданного уровня реализации технологий производства хлебопекарных, макаронных и кондитерских изделий в корабельных условиях эксплуатации тестомесильных машин.

**Ключевые слова** — корабль, тестомесильная машина, технология замеса теста, варьирование, фактор, условия, ограничения.

*Постановка проблемы.* Целью выбора достаточного и рационального энергетического воздействия тестомесильных машин на перемешиваемое сырьё, является получение теста с заданными технологическими и товароведческими свойствами. [1].

*Анализ последних исследований.* На сегодняшний день нет достаточно аргументированных общепризнанных законов техники в эволюции и развитии тестомесильных машин. Определение и доказательство критериев, условий, закономерностей и законов развития представленной группы пищевого оборудования, является основой теории проектирования тестомесильных машин. Проследим исследования по данному направлению:

Берник М.П. проводил исследования по разработке энергосберегающего вибропривода новой тестомесильной машины для пищевых производств. Результаты экспериментальных исследований показали зависимость энергетических параметров энергосберегающего вибропривода от величины виброскорости ( $A_{\text{WB}}$ ). Определён для тестомесильной машины оптимальный рабочий режим лопастного вала  $n_{\text{Л}}=30$  об/мин и вибропривода  $n_{\text{В}}=940$  об/мин. Однако, в исследованиях не раскрыт вопрос технологической эффективности применения модели динамики движения

маятникового механизма вибропривода в тестомесильной машине [2].

Ратушенко А.Т. проводил исследования технологий замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста с применением пищевых композиций, которые были получены путём сочетания разного количества яблочного порошка в бисквитных и пряничных изделиях. Им получены данные по изменению свойств готовой продукции от технологических показателей сырьевых компонентов. Установлено, что качество кондитерских изделий изменяется с применением яблочного порошка. Пищевая и биологическая ценность данных изделий возрастает. Но в исследованиях не продемонстрировано воздействие температурных показателей, достигаемых в ходе выполнения технологий замеса теста, на структурно–механические свойства кондитерских изделий [3].

Антонюк И.Ю. проводил исследования о влиянии технологических показателей микронизованного зерна (ТУ 13693522.002–96) на процесс реализации технологий замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста и свойства конечной продукции. Полученные им статистические данные были обработаны при помощи компьютерной программы MS Excel 5.0 с целью демонстрации в графической форме. Результаты экспериментов демонстрируют, что применение микронизованного зерна, способствует улучшению качественных показателей булочных изделий на 5,7 % – 9,0 % в сравнении с контрольными показателями. Но в исследованиях не раскрыт вопрос изменения технологии замеса теста по комплексным показателям [4].

Нетяжук М.В. [5] проводил исследования внедрений рыночных механизмов развития хлебопекарной, кондитерской и макаронной промышленности. Решение комплекса проблем данных сегментов экономики Украины лежит в решении следующих задач — качество выпускаемой продукции и ценнообразование. Приведенный им анализ статистических данных в исследованиях продемонстрировал:

1. Уменьшение объёмов выпуска хлебопекарной продукции на территории Украины с 1990 года по 2003 год на 30%;
2. Степень износа применяемых тестомесильных машин достигла 70–80%.

В этих исследованиях не отражён вопрос достаточной аргументации расширения технологии замеса на сырьё из низкосортных помолов муки.

Развитие исследуемой взаимосвязи тестомесильных машин и технологии замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста опирается на анализ алгоритма исследований следующих групп:

КРИТЕРИЙ ↔ УСЛОВИЕ ↔ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ↔ ЗАКОН

*Формулирование цели статьи (постановка задач).* Анализ конструктивной эволюции тестомесильных машин базируется на исследовании истории формирования данного класса пищевого оборудования. Он отображает последовательность изменения структурных составляющих и принципов энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё тестомесильными машинами, которые на протяжении времени преобразовались в эволюционную цепочку развития технологии замеса теста.

*Основная часть.* При эксплуатации тестомесильных машин на кораблях и судах дальнего плавания среди основных составляющих энергозатрат целесообразно выделить структурные элементы, соответствующие целям производства хлебопекарных, макаронных и кондитерских изделий. Реализация качественных показателей выпускаемой продукции направлена на адаптацию современных технологий замеса теста к существующим условиям эксплуатации. Она требует применения целостного подхода в технологии замеса теста при помощи одной тестомесильной машины, создании и варьировании комплексных составляющих процесса перемешивания, что, в конечном итоге, приводит к разнообразию выпускаемой продукции.

При этом достигается повышение уровня рентабельности технологий замеса теста за счёт расширения объёма выпуска конечной продукции и полноценного удовлетворения нужд команды и персонала корабля. Для анализа соответствия тестомесильных машин, эксплуатируемых на кораблях и судах неограниченного района плавания, выполнению задач технологий замеса теста необходимо произвести оценку эффективности их работы.

В результате анализа статистических данных применения тестомесильных машин в корабельных условиях эксплуатации, было выявлено, что наиболее применяемая тестомесильная машина А2–МТ2–Э–2–01 ОМ4. Она предназначена для приготовления теста из ржаной и пшеничной муки на кораблях и судах неограниченного района плавания.

Комплекс технических и технологических характеристик, выраженный через критерии анализа, даёт представление о формировании предоставленной группы пищевого оборудования и предназначается для методического обоснования выбора технологий производства хлебопекарных, макаронных и кондитерских изделий.

Критерий соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё  $K_{TM}$  тестомесильных машин определяет выполнение задач технологий замеса теста, являющегося базой, которая определяет технологически обоснованное направление уровня протекания процессов тестоприготовления.

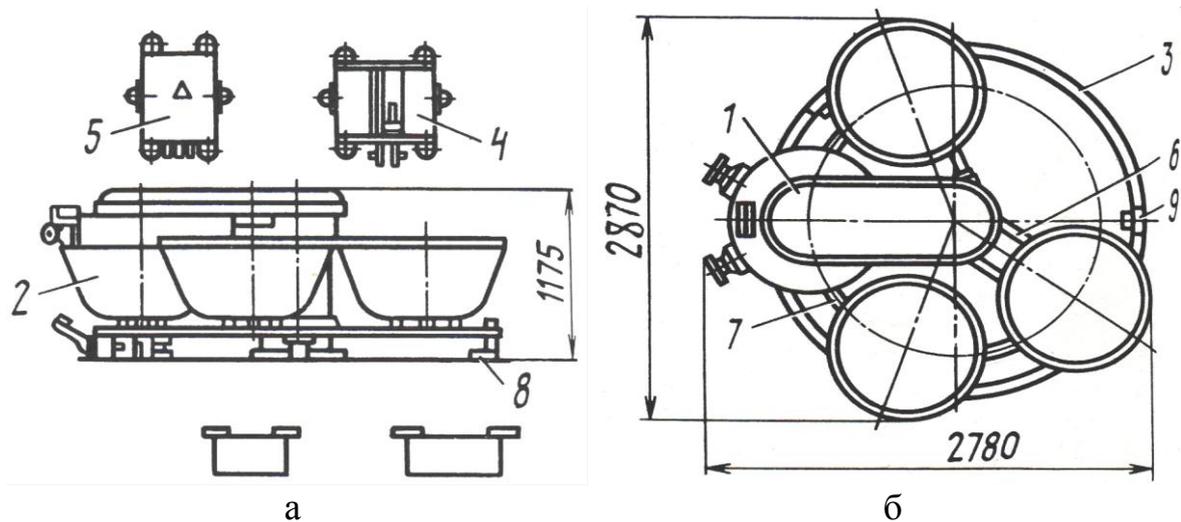


Рис. 1. Общий вид тестомесильной машины А2-МТ2-Э-2-01 ОМ4: 1 – привод и месильный орган; 2 – дежи; 3 – направляющие; 4 – водоприготовительная установка; 5 – электрооборудование; 6 – опоры дежи; 7 – стяжки; 8 – опоры; 9 – направляющие упоров; Тестомесильная машина: а – вид сбоку; б – вид сверху.

Установлено, что на уровне практической реализации критерия соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё  $K_{TM}$  тестомесильных машин выполнению задач технологий замеса теста целесообразно произвести разделение данного критерия на следующие составляющие:

$$K_{TM} = K_{T.B.} + K_{И.М.} + K_{Э.}, \quad (1)$$

где  $K_{T.B.}$  – критерий технологических возможностей тестомесильных машин;

$K_{И.М.}$  – критерий использования израсходованных компонентов перемешиваемого сырья в технологии замеса теста;

$K_{Э.}$  – критерий расхода энергии.

Критерий  $K_{T.B.}$ , определяет соответствие требованиям возможности варьирования теплофизических, количественных и массовых характеристик перемешиваемого сырья, соответствие уровню энергетического воздействия тестомесильных машин [6] в технологиях замеса хлебопекарного, макаронного теста

$$K_{T.B.} = \varepsilon \frac{k_C A_C + k_Y A_Y + k_{H1} A_{H1} + k_{H2} A_{H2}}{A_C + A_Y + A_{H1} + A_{H2} + A_{H3}}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент значимости энергетического воздействия тестомесильных машин в технологии замеса теста;

$\varepsilon = 0$ , если  $A_{H3} > 0$ ; или  $\varepsilon = 1$ , если  $A_{H3} = 0$ ;

$k_C, k_Y, k_{H1}, k_{H2}$  – весовые коэффициенты перемешиваемого сырья, причём  $k_C = 1, k_C > k_Y > k_{H1} > k_{H2}$ ;

$A_c, A_y, A_{H1}, A_{H2}, A_{H3}$  — соответственно, число наименований элементов перемешиваемого сырья в технологии замеса теста.

Критерий  $K_{И.М.}$ , обуславливает соответствие возможностей производства [6] и потерь в процессе тестоприготовления

$$K_{И.М.} = G_{\Pi} / P_{\Pi}, \quad (3)$$

где  $G_{\Pi}$  – масса [6] хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста, кг.;

$P_{\Pi}$  – масса израсходованных компонентов перемешиваемого сырья [6] в технологиях замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста, кг.

$$G_{\Pi} = \sum_{i=0}^m k_i q_i. \quad (4)$$

$$P_{\Pi} = \sum_{i=0}^m k_i p_i, \quad (5)$$

где  $i = 0, 1, \dots, m$  – номера используемых израсходованных компонентов перемешиваемого сырья в технологиях замеса теста;

$q_i$  – масса  $i$ -го компонента перемешиваемого сырья, используемого в технологиях замеса теста, кг.;

$p_i$  – масса  $i$ -го компонента перемешиваемого сырья, израсходованного при технологии теста, кг.

$k_i$  – весовой коэффициент [6]  $i$ -го компонента (концентрация) перемешиваемого сырья

$$k_i = c_i / c_0, \quad (6)$$

где  $c_i$  – стоимость единицы компонента  $i$ -го перемешиваемого сырья в технологиях замеса теста, грн.;

$c_0$  – стоимость единицы компонента перемешиваемого сырья в технологиях замеса теста, грн.:

Критерий  $K_{Э}$  [6], устанавливает взаимосвязь возможностей энергопотребления тестомесильных машин и достигаемого качественного уровня технологии замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста

$$K_{Э} = \frac{W_{\Pi} + E}{TQ}, \quad (7)$$

где  $W_{\Pi}$  – полная затрата энергии за время эксплуатации тестомесильных машин, кВт;

$E$  - затраты энергии при технологии замеса теста, кВт;  
 $T$  - время эксплуатации тестомесильных машин, ч;  
 $Q$  - показатель энергозатрат тестомесильных машин, кВт/ч.

В расшифрованном виде критерий соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё  $K_{TM}$  тестомесильных машин определяет выполнение задач технологии замеса теста и представляет собой

$$K_{TM} = \varepsilon \frac{k_C A_C + k_Y A_Y + k_{H1} A_{H1} + k_{H2} A_{H2}}{A_C + A_Y + A_{H1} + A_{H2} + A_{H3}} + G_{II} / P_{II} + \frac{W_{II} + E}{TQ}. \quad (8)$$

Получены данные расчёта изменения параметров критерия  $K_{TM}$  соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин по выполнению задач технологии замеса теста:

- критерия  $K_{Т.В.}$  технологических возможностей машин;
- критерия  $K_{И.М.}$  использования перемешиваемого сырья в технологиях замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста;
- критерия  $K_{Э}$  расхода энергии.

Отличие современных подходов в адаптации тестомесильных машин к существующим условиям эксплуатации заключается в том, что при существующих теоретических и методических разработках критериев, условий, закономерностей и законов предоставленной группы пищевого оборудования, определяется возможность реализации технологически обоснованного протекания процессов тестоприготовления.

В дальнейшем применение метода графической оценки критерия  $K_{TM}$  соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин даёт возможность судить о характере изменения расчётных составляющих данного критерия в период работы предоставленной группы пищевого оборудования. В результате исследований были получены данные при помощи моделирования компьютерной программой MS Excel–2003.

Структурные элементы критерия  $K_{TM}$  изменяются следующим образом: критерий  $K_{Т.В.}$  и критерий  $K_{Э}$  являются монотонно–возрастающей функцией, а критерий  $K_{И.М.}$  монотонно–убывающей функцией. Промежуток оптимальных значений энергетического воздействия  $P_{опт}$  на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин в технологиях замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста находится в пределах варьирования параметров временного интервала 4–8 точек технологической операции замеса теста.

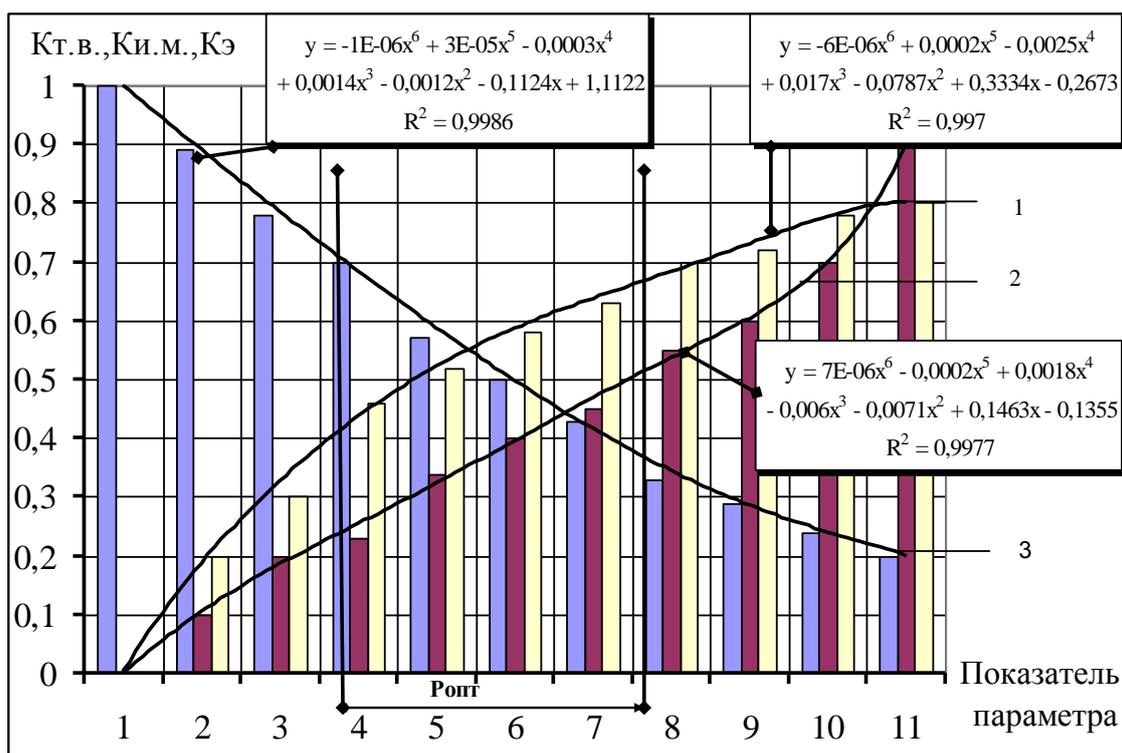


Рис. 2. Изменение параметров критерия КТМ: 1 – критерий  $K_{T.B.}$ ; 2 – критерий  $K_{Э}$ ; 3 – критерий  $K_{И.М.}$ ;  $P_{опт}$  – промежуток оптимальных значений.

Посторонние структуры тестомесильных машин определяют характер, метод, вид энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё и тесто, дающих максимальную технологическую эффективность в решении задач технологий замеса теста. Полученная структура рационального энергетического воздействия тестомесильных машин на перемешиваемое сырьё и тесто опирается на следующие данные:

- рисунок 2, графический анализ изменения параметров критерия  $K_{TM}$ ;
- расчёт изменения параметров критерия  $K_{TM}$  соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё.

Анализ данных исследований позволяет прийти к выводу — варьирование значимостью выделенных критериев даёт возможность определить направления соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин по выполнению задач технологии замеса теста. Факторы, которые определяют промежуток варьирования параметров  $P_{опт}$ , дают возможность, опираясь на выбранные критерии  $K_{TM}$ ,  $K_{T.B.}$ ,  $K_{И.М.}$ ,  $K_{Э}$ , достичь заданного уровня реализации технологий производства хлебопекарных, макаронных и кондитерских изделий при корабельных условиях эксплуатации тестомесильных машин.

*Выводы.* Получены результаты для определения тенденций дальнейшего изучения тестомесильных машин и технологий замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста.

Проведён анализ современных исследований тестомесильных машин и технологий замеса теста;

Описаны критерии оценки работы тестомесильных машин;

Определён промежуток оптимальных значений энергетического воздействия  $P_{\text{опт}}$  на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин в технологии замеса теста.

Литература:

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. *Берник М.П.* Энергозберігаючий вібропривод нового смесителя для перероблюваних виробств: автореф. дис. на соискание наук. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.03. – "Системы приводов" / М.П. Берник. – Винница.: Мин-во образ. и науки Украины, Винницкий гос. техн. ун-т, – 2001. – 20 с.

3. *Ратушенко А.Т.* Технология кондитерских изделий с применением яблочного порошка: автореф. дис. на соискание наук. степени к.т.н.: 05.18.16. – "Технология продуктов питания" / А.Т. Ратушенко. – Киев.: Мин-во образ. и науки Украины, Киевский нац. торгово-экономический ун-т, – 2001. – 20 с.

4. *Антонюк И.Ю.* Технология булочных изделий с применением микронизованного зерна: автореф. дис. на соискание наук. степени канд. техн. наук: 05.18.16. – "Технология продуктов питания" / И.Ю. Антонюк. – Киев.: Мин-во образ. и науки Украины, Киевский нац. торгово-экономический ун-т, – 2002. – 20 с.

5. *Нетяжук М.В.* Экономический механизм регулирования развития хлебопекарной промышленности: автореф. дис. на соискание наук. степени канд. техн. наук: 08.07.01. – "Экономика промышленности" / М.В. Нетяжук. – Киев.: Мин-во экономики Украины, Научно исследовательский экономический инст-т, – 2011. – 20 с.

6. *Половинкин А.И.* Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – Москва.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

## АДАПТАЦІЯ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН ДО КОРАБЕЛЬНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Янаков В.П.

*Анотація* – в статті розглянуто питання визначення напрямку відповідності енергетичного впливу на перемішувати сировину в тістомісильних машинах з реалізації процесів перемішування тіста. Знайдений проміжок варіювання параметрів  $P_{\text{опт}}$ , який дає можливість, опираючись на обрані критерії  $K_{\text{ТМ}}$ ,  $K_{\text{Т.В.}}$ ,  $K_{\text{И.М.}}$ ,  $K_{\text{Э}}$ , досягти заданого рівня реалізації технологій виробництва хлібопекарських, макаронних і кондитерських виробів в корабельних умовах експлуатації тістомісильних машин.

## ADAPTATING KNEADING MACHINE TO THE SHIP'S OPERATING CONDITIONS

V. Yanakov

### Summary

The article touches on a question of determining the direction of the respective energy impact on the stirred raw materials in mixing machine for mixing the test implementation processes. We found a gap between parameters  $P_{\text{opt}}$  when different criteria is used  $K_{\text{TM}}$ ,  $K_{\text{T.V.}}$ ,  $K_{\text{I.M.}}$ ,  $K_{\text{Э}}$  which provides an opportunity to achieve a given level of implementation of technologies bakery, pasta and confectionery products in the ship's conditions when kneading machines is utilized.