

УДК 664.61

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВАКУУМНОЙ ТЕСТОМЕСИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Д.Г. Старшов*, В.М. Седелкин, Г.И. Старшов

Энгельсский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А.»,
413100, Россия, Саратовская область, г.Энгельс, пл. Свободы 17

*e-mail: starchov49@rambler.ru

Дата поступления в редакцию: 30.03.2017

Дата принятия в печать: 29.05.2017

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы приготовления вафельного теста, основные характеристики и методы оценки его качества. Предложен способ и конструкция тестомесильной машины (тестосмесителя) для приготовления вафельного теста в вакуумированной среде, на которые получен патент. Показано, что наличие вакуума обеспечивает создание перепада давления для транспортирования компонентов теста из одной емкости в другую, а также интенсифицирует замес теста и снижает удельные энергозатраты. Проведены экспериментальные исследования процесса замеса теста, позволившие определить рациональные значения технологических параметров: времени замеса, величины перепада давления в емкости тестосмесителя, реологических показателей вафельного теста. Установлено, что за счет выбора рационального времени замеса теста возможно регулирование степени его аэрации и улучшение качества выпекаемых вафельных листов. Время замеса теста, необходимое для достижения однородности его структуры и готовности к его использованию для выпечки вафельных листов, определялось на основе анализа его морфологии и минимальных значений динамической вязкости. Эксперименты показали, что полный цикл замеса теста (с учетом времени загрузки исходных компонентов и разгрузки готового теста) составляет 80 секунд. В течение часа на предлагаемом тестосмесителе можно провести 44 полных цикла замеса вафельного теста, при этом его производительность составит 330 кг/ч. Показано, что использование предлагаемого тестосмесителя позволяет снизить удельные энергозатраты на приготовление вафельного теста в 1,5 раза по сравнению с серийными образцами турбомиксеров.

Ключевые слова. Тесто, вязкость, тестосмеситель, аэрация, время, вакуум, энергозатраты

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A VACUUM DOUGH MIXER

D.G. Starshov*, V.M. Sedelkin, G.I. Starshov

Engels Technological Institute (branch)
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
17, Svoboda Sq., Engels, 413100, Russia

*e-mail: starchov49@rambler.ru

Received: 30.03.2017

Accepted: 29.05.2017

Abstract. The paper deals with the preparation of the wafer dough, the main characteristics and methods for evaluating its quality. The design of the dough mixer to prepare the wafer dough in a vacuum medium has been proposed. The presence of vacuum provides a differential pressure for transporting the dough ingredients from one container to another and intensifies the kneading of the dough, reduces the dough kneading time and the specific energy consumption. The experiments carried out on the experimental setup made it possible to determine the optimum technological parameters of the wafer dough kneading process: the kneading time, the pressure drop in the dough mixer and the rheological parameters of the wafer dough. It has been established that the selection of the rational time of the dough kneading makes it possible to regulate the degree of its aeration and to improve the quality of the baked wafer sheets. The kneading time required for achieving the degree of homogeneity of its structure and readiness for its use for baking waffle sheets has been determined on the basis of the analysis of its morphology and minimum values of dynamic viscosity. The experiments have shown that the full cycle of kneading the dough (taking into account the time for loading of the original components and that for unloading of the finished dough) is 80 seconds. During an hour the proposed dough mixer can carry out 44 complete kneading cycles of the wafer dough, its productivity being 330 kg/h. It is shown that the use of the proposed dough mixer makes it possible to reduce the specific energy consumption for the preparation of the wafer dough by 1.5 times as compared to the serial samples of turbo-mixers.

Keywords. Wafer dough, viscosity, dough mixer, aeration, ingredients, vacuum, energy consumption

Введение

В настоящее время вафли являются одними из немногих отечественных продуктов, которые в большом объеме предлагаются российскими производителями и являются конкурентными на миро-

вом рынке. Спрос на них достаточно высок и стабилен [1].

В производстве мучных кондитерских изделий, в том числе и в технологическом процессе производства вафель, приготовление теста является од-

ним из основных технологических процессов, в ходе которого происходит упорядоченное распределение исходных компонент внутри готовой смеси. Структура и свойства теста в значительной мере определяют качество готовой продукции.

Вафельное тесто – это слабоструктурированная дисперсная система, в которой дисперсной фазой являются частицы муки, жира, пузырьки воздуха, а дисперсионной средой является вода. Это тесто является нестабильной системой и может легко терять свою однородность [2].

Совершенствование технологии и снижение удельных энергозатрат на производство вафельного теста является приоритетной научной и практической задачей.

Основой для производства вафельной продукции является полуфабрикат – вафельный лист, который выпекается из вафельного теста. Консистенция вафельного теста должна быть таковой, чтобы оно представляло из себя текучую смесь, обладающую сравнительно низкой вязкостью и влажностью до 65 %. Жидкое тесто должно легко и полностью заполнять все углубления вафельной формы. Это дает возможность получать тонкие вафельные листы – основной полуфабрикат вафельного производства.

Таким образом, в основе производства вафельных изделий лежит получение однородного агрегативно устойчивого текучего теста с низкой вязкостью и заданной влажностью [3].

Особое значение для вафельного теста имеет его влажность. Необходимо, чтобы в момент соприкосновения муки с водой вокруг каждой частицы муки образовалась гидратная оболочка, которая противодействует слипанию набухших частиц муки в комки.

Снижение влажности теста ведет к значительному увеличению его вязкости и, как следствие, затрудняет дозирование и заполнение вафельных форм. В свою очередь, увеличение влажности теста снижает производительность печи и увеличивает количества оттеков вафельных листов. Это приводит к получению неравномерно пропеченных листов, повышению их прочности и ухудшению качества готовых изделий [4].

Таким образом, для получения качественного вафельного теста необходимо, чтобы оно представляло из себя слабоструктурированную агрегативно устойчивую дисперсную систему с заданными показателями влажности и вязкости.

Целью работы являлось повышение качества получаемого вафельного теста, снижение времени замеса и удельных энергозатрат за счет вакуумирования системы и регулирования содержания воздуха в смеси.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований выступали:

- тестосмеситель;
- вафельное тесто.

В работе применяли методы, позволяющие охарактеризовать технологические, структурно-механические свойства исследуемых объектов.

Динамическую вязкость вафельного теста определяли при помощи вискозиметра ротационного типа «Реотест-2» производства фирмы «Прюфгертеверке», ГДР. При проведении измерения снимали показатели со шкалы прибора и рассчитывали касательное напряжение и динамическую вязкость по формулам (1), (2) [5].

$$\tau = 0,1 * a * Z, \text{ Па}, \quad (1)$$

$$\mu = \tau * 100 / \gamma, \text{ Па} * \text{с}, \quad (2)$$

где γ – градиент скорости, с^{-1} ; τ – касательное напряжение, Па, Z – постоянная измерительного устройства, Па/дел. шкалы; a – показания прибора, дел. шкалы; μ – динамическая (эффективная) вязкость, $\text{Па} * \text{с}$. В данном исследовании использовали внутренний цилиндр R_1 , для которого $Z_1=5,73$, $Z_2=53,6$. Измерения производили при температуре 25°C . Погрешность прибора составляет $\pm 3\%$.

Для интенсификации перемешивания вязкопластичных масс применяются турбинные мешалки [6]. На рис. 1 представлена схема разработанной конструкции тестосмесителя – вакуумной тестомесильной машины для приготовления вязкопластичных масс [7].

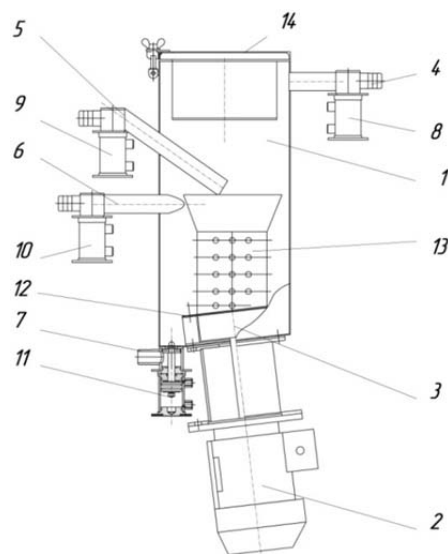


Рис. 1. Схема тестосмесителя

для приготовления вязкопластичных масс:

- 1 – цилиндрическая емкость; 2 – электродвигатель;
- 3 – ротор турбины; 4 – патрубок для откачки воздуха;
- 5 – патрубок для подачи смеси сыпучих компонентов;
- 6 – патрубок для подачи суспензии; 7 – патрубок для выхода теста;
- 8, 9, 10, 11 – электромагнитные клапана;
- 12 – статор турбины; 13 – перфорированный цилиндр;
- 14 – крышка

Конструкция тестосмесителя содержит цилиндрическую емкость 1. При этом дно емкости выполнено под углом относительно вертикальной оси, величина которого больше угла трения получаемой смеси. Привод вращения ротора тестосмесителя, состоящий из электродвигателя 2, на валу которого находится ротор 3, установлен на наклонной части

днища цилиндрической емкости 1. Внутри емкости на днище вокруг ротора 3 закреплен неподвижный статор 12. Над статором 12 расположена внутренняя перфорированная цилиндрическая емкость 13 с диффузором, установленная с зазором относительно внутренней поверхности цилиндрической емкости 1. На разной высоте цилиндрической емкости смесителя размещены три патрубка на образующей цилиндра. Патрубок 4 для откачки воздуха и создания вакуума в цилиндрической емкости 1 установлен в верхней ее части. Наклонный патрубок 5, предназначенный для подачи смеси сыпучих компонентов, установлен над диффузором перфорированного цилиндра 13. Патрубок 6 для подачи жидких компонентов расположен ниже диффузора, а патрубок 7, служащий для вывода готовой продукции, установлен на горизонтальной части днища емкости. Автоматические клапаны 8, 9, 10, 11, соответственно установленные на патрубках, управляются блоком управления. Сверху на емкости смесителя установлена крышка 14, обеспечивающая герметичность цилиндрической емкости.

Предлагаемый способ смешения вязкопластичных и сыпучих масс осуществляется следующим образом: включается электромагнитный клапан 8, через патрубок 4 производится откачка воздуха и создается вакуум в цилиндрической емкости 1, включается электродвигатель 2 ротора 3, включается электромагнитный клапан 10, через патрубок 6 производится подача эмульсии, затем включается электромагнитный клапан 9, через патрубок 5 производится подача сыпучей рецептурной смеси в цилиндрическую емкость 1 за счет перепада давления между цилиндрической емкостью 1 и емкостями с эмульсией и сыпучей рецептурной смеси. Затем выключаются электромагнитные клапаны 9, 10.

Смешение происходит в вакуумируемой цилиндрической емкости. Наличие вакуума обеспечивает снижение аэрации смешиваемых масс. Сыпучие массы в смеси с воздухом, попадая в разреженное пространство, мгновенно распыляются на отдельные частицы и под действием сил тяжести опускаются в быстро движущиеся вязкопластичные массы, которые перемещаются в горизонтальной и вертикальной плоскостях под действием центробежных сил, возникающих при вращении ротора. Вязкопластичные массы опускаются по внутреннему перфорированному цилиндру к ротору, имеющему подвижные лопатки в форме спирали, которыми при вращении под действием центробежных сил вязкопластичные массы отбрасываются через отверстия статора к стенкам цилиндрической емкости. Затем они поднимаются вверх по каналу, образованному поверхностями внутреннего перфорированного цилиндра и цилиндрической емкостью. При этом вязкопластичные массы, проходя через отверстия перфорированного цилиндра, вновь опускаются к ротору, захватывая частицы сыпучих масс. Таким образом происходит быстрое смешивание и образование однородной массы с минимальной затратой энергии. Кроме того, смешивание происходит с минимальным коли-

чеством кислорода, что существенно снижает окисление перемешиваемых масс, снижает вязкость и повышает качество готовой смеси.

Затем выключается электромагнитный клапан 8, включается электромагнитный клапан 11, и через патрубок 7 готовая смесь перекачивается в буферную емкость.

Для исследования процесса замеса вафельного теста в предложенной конструкции тестосмесителя была создана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 2.

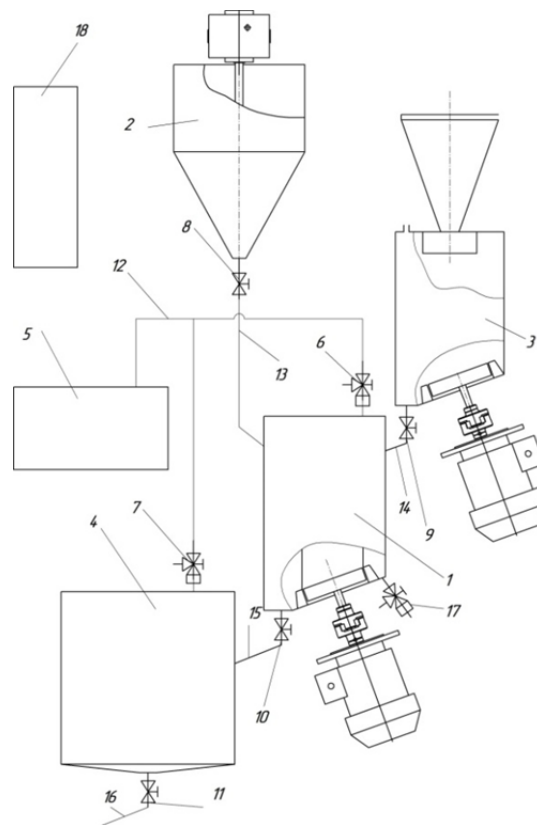


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для замеса вафельного теста:

- 1 – тестосмеситель; 2 – смеситель сыпучих компонентов;
- 3 – эмульсатор; 4 – емкость для готового теста;
- 5 – вакуум-насос; 6, 7, 8, 9, 10, 11 – электромагнитные клапаны;
- 12 – вакуумная линия; 13, 14, 15, 16 – продуктопроводы; 17 – кран для отбора проб;
- 18 – блок управления

Экспериментальная установка состояла из тестосмесителя 1, промежуточного смесителя сыпучих компонентов 2 для получения рецептурной смеси, эмульсатора 3 для получения гомогенной эмульсии, емкости 4 для хранения теста, вакуум-насоса с ресивером 5, электромагнитных клапанов 6, 7, 8, 9, 10, 11 (предназначенных соответственно: 6, 7 – для создания вакуума в емкости тестосмесителя и емкости для теста; 8, 9, 10, 11 – для подачи сыпучей смеси компонентов, эмульсии и готового теста), вакуум-линии 12, вакуум-трубопроводов 13, 14, 15, 16 для транспортировки сыпучей смеси, эмульсии и готового теста. Управление электромагнитными клапанами, приводами установки осуществлялось от блока управления 18.

Для отбора проб теста из емкости тестосмесителя во время его замеса в днище емкости тестосмесителя имелся специальный кран.

Работа узлов экспериментальной установки приготовления вафельного теста происходила следующим образом. Производили закладки расчетных доз жидких и сыпучих компонентов. После этого нажимали кнопку «Пуск программы», и блок управления начинал выполнять программу в соответствии с заложенным алгоритмом. Параллельно происходило приготовление суспензии в эмульсаторе 3 и рецептурной смеси в смесителе сыпучих компонентов 2. Затем по команде блока управления открывался клапан 6 на вакуум-трубопроводе 12, соединяющем емкость тестомесильной машины 1 с ресивером вакуум-насоса 5. При этом в емкости тестомесильной машины 1 создавалось разрежение. Далее открывались клапаны 9 и 8 на выходе эмульсатора 3 и промежуточного смесителя 2, которые позволяли эмульсии и смеси сухих компонентов по продуктопроводам 13 и 14 за счет перепада давления подаваться в емкость тестомесильной машины 1.

Далее происходил замес вафельного теста. По окончании замеса вафельного теста в тестомесильной машине 1 по команде блока управления открывался клапан 7 на вакуум-трубопроводе 12, соединяющем промежуточную емкость 4 для теста с ресивером вакуум-насоса 5. При этом в емкости 4 создавалось разрежение. Далее открывался клапан 10 на продуктопроводе 15, соединяющий емкость тестомесильной машины 1 и промежуточной емкости для теста 4, что позволяло готовому тесту по продуктопроводу 15 за счет перепада давления подаваться в промежуточную емкость 4 для готового теста.

После опорожнения емкости тестомесильной машины 1 по команде блока управления включается клапан 7, отключающий вакуум-трубопровод 12 и соединяющий промежуточную емкость 4 с атмосферой. После закрытия клапана 10 процесс приготовления теста повторялся.

Геометрические и кинематические параметры экспериментальной установки были следующими: объем емкости тестосмесителя $V_{\text{см}}$ составлял 17 литров; диаметр емкости смесителя $D=0,23$ м; высота емкости смесителя $H=0,53$ м; диаметр выпускного отверстия $D_1=0,05$ м; диаметр ротора мешалки $d_M=0,134$ м; частота вращения ротора $n=12,5\text{ с}^{-1}$; масса готовой смеси в тестосмесителе была равна 7,5 кг. Среднее значение плотности вафельного теста составляло $\rho=1120\text{ кг/м}^3$.

В ходе экспериментов определялось время замеса, энергозатраты и качественные показатели готового теста. Эксперименты проводились следующим образом. В емкость тестосмесителя 1 при включенном приводе вращения ротора одновременно подавались через продуктопровод 13 рецептурная смесь сыпучих компонентов, а через продуктопровод 14 – эмульсия. Замес вафельного теста проводился как при атмосферном давлении P_1 , так и при вакуумировании емкости тестосмесителя до $P_2=30\text{ кПа}$. Влажность теста составляла 62–65 %. Вязкость теста определялась по стандартной методике на вискозиметре «Реотест-2» при градиенте скорости $5,4\text{ с}^{-1}$. Через кран 17 отбирались девять образцов теста во время замеса с интервалом через 10 с. Одновременно измерялась ваттметром потребляемая мощность электродвигателя. Величина разрежения контролировалось вакуумметром. Опыты повторялись не менее пяти раз.

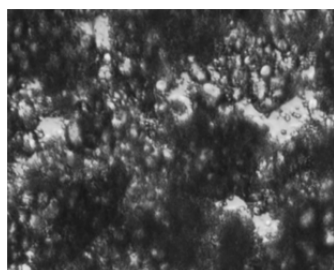
Результаты и их обсуждение

На рис. 3 приведена структура вафельного теста, полученного на экспериментальном тестосмесителе при разной продолжительности замеса. В табл. 1 дана сравнительная характеристика структуры вафельного теста. Степень однородности структуры теста выявлялась путем анализа соотношения мелких и крупных фракций крахмальных зерен и клейковины, выраженного в процентах.

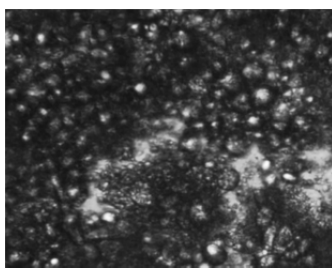
Таблица 1

Сравнительная характеристика степени однородности теста

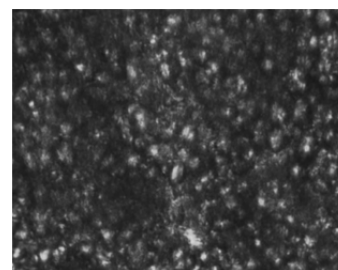
Время замеса вафельного теста, с	10	20	30
Степень однородности вафельного теста, %	20	60	100



а



б



в

Рис. 3. Оптические микрофотографии образцов вафельного теста с разным временем перемешивания исходных компонентов (в секундах): а – 10 с; б – 20 с; в – 30 с

Видно, что через 10 секунд замеса (рис. 3а) структура теста содержит участки непромеса (степень однородности теста составляет 20 %). После 20 секунд замеса (рис. 3б) структура теста становится более однородной (степень однородности

теста составляет 60 %), а после 30 секунд замеса (рис. 3в) структура теста имеет 100%-ю однородность, что свидетельствует о готовности такого вафельного теста к дальнейшему использованию для выпечки вафельных листов.

Структура и свойства готового теста в значительной мере определяют технологию выпечки вафельных листов и качество готовой продукции.

На рис. 4, 5 представлены гистограммы изменения вязкости теста и затрачиваемой удельной мощности от времени замеса вафельного теста.



Рис. 4. Гистограмма изменения вязкости теста от времени замеса

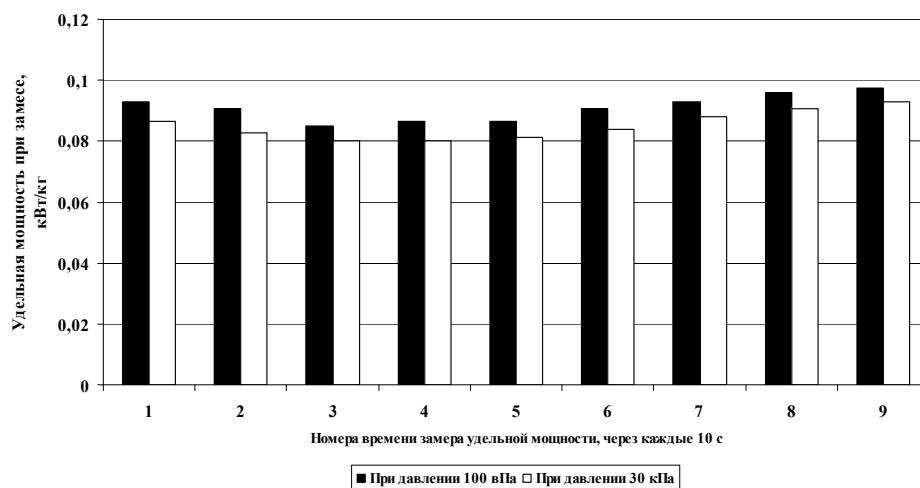


Рис. 5. Гистограмма изменения затрачиваемой удельной мощности от времени замеса теста

Как видно из результатов, представленных на рис. 4 и 5, экспериментальные значения динамической вязкости и потребляемой удельной мощности с увеличением времени замеса сначала уменьшаются до минимального значения, а затем начинают возрастать. При атмосферном давлении в емкости тестосмесителя минимальные значения динамической вязкости и потребляемой удельной энергии наблюдаются у пятого образца (после 50 секунд замеса). При вакуумировании емкости тестосмесителя значения этих параметров уменьшаются и выравниваются быстрее, чем при атмосферном давлении. Так, уже у третьего и четвертого образцов (после 30–40 секунд замеса) они имеют минимальное значение, что свидетельствует о готовности вафельного теста. Это можно объяснить тем, что смешивание происходит в вакууме, где сыпучие массы мгновенно разделяются на отдельные частицы и под действием сил тяжести опускаются в быстро движущиеся вязко-пластичные массы, которые перемещаются в горизонтальной и вертикальной

плоскости под действием центробежных сил, возникающих при вращении ротора. При вакуумировании вследствие отсутствия воздушной прослойки в смеси в момент соприкосновения муки с водой вокруг каждой ее частицы быстрее образуется гидратная оболочка. Такая оболочка противодействует слипанию набухших частиц, снижает сопротивление при движении смеси внутри тестосмесителя и способствует уменьшению времени замеса теста. Это, соответственно, приводит к снижению удельных энергозатрат на замес теста.

Установлено, что при этом предел прочности образцов выпеченных вафельных листов составляет 1,46 МПа, величина относительной деформации 1,08 %, а модуль Юнга находится в пределах 94–104 МПа, что соответствует высокому качеству вафельных листов. При более длительном замесе теста повышается его вязкость и удельные энергозатраты. Кроме того, увеличение вязкости вафельного теста также затрудняет дозирование и заполнение вафельных форм. Это объясняется увеличе-

нием набухаемости клейковины и ростом внутреннего трения, что, в свою очередь, снижает качество вафельных листов.

Таким образом, эксперименты показали, что рациональное время замеса вафельного теста при вакуумировании емкости тестосмесителя составляет 40 сек. С учетом времени загрузки исходных компонентов и выгрузки готового теста полный цикл замеса составлял 80 сек. В течение часа на предлагаемом тестосмесителе можно провести 44 полных цикла замеса вафельного теста, масса одной порции вафельного теста в емкости тестосмесителя составляет 7,5 кг, при этом его производительность составит 330 кг/ч.

Экспериментальным путем были определены затраты электроэнергии в предлагаемой конструкции тестосмесителя. Общая мощность для замеса вафельного теста на предлагаемом тестосмесителе совместно с вакуум-насосом при рациональных значениях вязкости теста и атмосферном давлении в емкости тестосмесителя составляет 1,65 кВт. Удельные энергозатраты для замеса вафельного теста в этом случае составляют 5,0 Вт/кг.

При вакуумировании емкости тестосмесителя и при рациональных значениях вязкости теста общая мощность для замеса составляет 1,6 кВт. Соответственно удельные энергозатраты для замеса вафельного теста в этом случае составляют 4,8 Вт/кг.

Таким образом, опыты показали, что использование вакуума при замесе вафельного теста позволяет снизить удельные энергозатраты.

Предлагаемая конструкция тестосмесителя предназначена для приготовления вафельного теста в цехах кондитерских фабрик, выпускающих вафельные изделия. Из литературных источников известна конструкция турбомиксера ТМ-60 [8], который взят нами в качестве аналога для сравнения с разработанным тестосмесителем. При известной технической характеристике и средней объемной плотности вафельного теста $\rho = 1120 \text{ кг/м}^3$ производительность аналога составляет 400 кг/ч. Время замеса, загрузки и разгрузки емкости турбомиксера составляет 10 минут. За один час в этом турбомиксере можно совершать шесть полных циклов замеса теста. Масса одной порции вафельного теста в емкости турбомиксера составляет 66,6 кг, мощность электродвигателя для вращения ротора устройства составляет 3,0 кВт, удельные энергозатраты для замеса вафельного теста составляют 7,5 Вт/кг теста.

Сравнение эксплуатационных характеристик двух рассматриваемых вариантов тестосмесителей показывает, что в предлагаемой конструкции тестосмесителя удается снизить удельные энергозатраты в 1,5 раза.

Список литературы

1. Иванова, И.Б. Вафельные грезы / И.Б. Иванова // Рекламно-информационный журнал PROD & PROD продвижение продовольствия. – 2012. – № 6 (32). – С. 8.
2. Аминев, И.Я. Разработка рецептур и совершенствование технологии вафельных изделий функционального назначения / И.Я. Аминев // Известия высших учебных заведений: пищевые технологии. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет. – 2012. – Вып. 2–3. – С. 326–327.
3. Муратова, Е.И. Реология кондитерских масс: монография / Е.И. Муратова, П.М. Смолихина. – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 188 с.
4. Mert, S. Development of gluten-free wafer sheet formulations / S. Mert, S. Sahin, G. Sumnu // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 63, Issue 2. – P. 1121–1127.
5. Мачихин, Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
6. Box, P.O. Design and Implementation of Differential Agitators to Maximize Agitating Performance Saeed Asiri King Abdulaziz / P.O. Box // International Journal of Mechanics and Applications. – 2012. – Vol. 2(6). P. 98–112.
7. Пат. №2566784 Российская Федерация, МПК B01F 3/12, B01F 5/00, B01F 5/12, B01F 7/18, B01F 3306 Способ получения вязко-пластичной смеси и устройство для его осуществления / В.Н. Сопляченко, Г.И. Старшов, Д.Г. Старшов, А.И. Никитин, С.Н. Никоноров, Л.Н. Потехина, В.М. Седелкин, К.М. Далужан; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина», Сопляченко Вячеслав Николаевич. – № 201411293/05; заявл. 02.04.14; опубл. 27.10.15, Бюл. № 30. – 2 с.
8. Турбомиксер ТМ-60. - <http://www.3f-eng.ru/> [электронный ресурс] // Официальный сайт инжиниринговой компании «ТриЭф». – Дата обращения: Март 2015.

References

1. Ivanova I.B. "Vafel'nye grezy" [Wafer dreams]. *Reklamno-informacionnyj zhurnal PROD & PROD prodvizhenie prodovol'stviya* [Promotional and informational magazine PROD & PROD advance of food], 2012, vol. 32, no. 6, p. 8.
2. Amineva I.Ya. Razrabotka retseptur i sovershenstvovanie tekhnologii vafel'nykh izdeliy funktsional'nogo naznacheniya [Development of compoundings and improvement of technology of wafer products of functional purpose]. *Izvestia vuzov. Pishhevaya tekhnologia* [News institutes of higher Education. Food technology], 2012, vol. 2–3, pp. 326–327.
3. Muratova E.I., Smolikhina P.M. *Reologiya konditerskikh mass* [Rheology of confectionery masses]. Tambov: TGTU Publ., 2013. 188 p.
4. Mert S., Sahin S., Sumnu G. Development of gluten-free wafer sheet formulations, *LWT-Food Science and Technology*, 2015, vol. 63, no. 2, pp. 1121–1127.
5. Machikhin Yu.A., Machikhin S.A. *Inzhenernaya reologiya pishchevykh materialov* [Engineering rheology of food materials]. Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1981. 216 p.
6. Box P. O., Asiri S. Design and Implementation of Differential Agitators to Maximize Agitating Performance. *International Journal of Mechanics and Applications*. 2012, vol. 6, no.2, pp. 98–112. DOI: 10.5923/j.mechanics.20120206.01.

7. Soplyachenko V.N., Starshov G.I., Starshov D.G., Nikitin A.I., Nikonorov S.N., Potekhina L.N., Sedelkin V.M., Daluzyan K.M. *Sposob polucheniya vyazko-plastichnoy smesi i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Production of viscoelastic mix and device to this end]. Patent RF, no. 2566784, 2015.
8. *Turbomikser TM-60*. Available at: <http://www.3f-eng.ru/>. (accessed March 2017).

Дополнительная информация / Additional Information

Старшов, Д.Г. Исследование и разработка вакуумной тестомесильной машины / Д.Г. Старшов, В.М. Седелкин, Г.И. Старшов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 45. – № 2. – С. 99–105.

Starshov D.G., Sedelkin V.M., Starshov G.I. Research and development of a vacuum dough mixer. *Food Pro-processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 45, no. 2, pp. 99–105 (In Russ.).

© Старшов Дмитрий Геннадьевич

аспирант кафедры машины и аппараты нефтегазовых, химических и пищевых производств, ФГБОУ ВО Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина Энгельсский технологический институт (филиал), 413100, Россия, Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы 17, тел.: +7 (8453) 95-35-53, e-mail: eti@techn.sstu.ru, starchov49@rambler.ru

© Седелкин Валентин Михайлович

д-р техн. наук, профессор кафедры машины и аппараты нефтегазовых, химических и пищевых производств, ФГБОУ ВО Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина Энгельсский технологический институт (филиал), 413100, Россия, Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы 17, тел.: +7 (8453) 95-35-53, e-mail: eti@techn.sstu.ru

© Старшов Геннадий Иванович

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры машины и аппараты нефтегазовых, химических и пищевых производств, ФГБОУ ВО Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина Энгельсский технологический институт (филиал), 413100, Россия, Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы 17, тел.: +7 (8453) 95-35-53, e-mail: eti@techn.sstu.ru

© Dmitry G. Starshov

Postgraduate Student of the Department of the Machines and Apparatus of Oil and Gas, Chemical and Food Productions, Engels Technological Institute (Branch) Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 17, Svoboda Sq., Engels, 413100, Russia, phone: +7 (8453) 95-35-53, e-mail: eti@techn.sstu.ru, starchov49@rambler.ru

© Valentin M. Sedelkin

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of the Machines and Apparatus of Oil and Gas, Chemical and Food Productions, Engels Technological Institute (Branch) Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 17, Svoboda Sq., Engels, 413100, Russia, phone: +7 (8453) 95-35-53, e-mail: eti@techn.sstu.ru

© Gennadiy I. Starshov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of the Machines and Apparatus of Oil and Gas, Chemical and Food Productions, Engels Technological Institute (Branch) Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 17, Svoboda Sq., Engels, 413100, Russia, phone: +7 (8453) 95-35-53, e-mail: eti@techn.sstu.ru

