

Моделирование технологических процессов при создании оборудования пищевой промышленности

Игорь Литовченко, Максим Шпак, Стефан Стефанов, Вилхелм Хаджийски

Abstract: *The article analyzes the performance of equipment for dough. Used the method of finite elements. For this purpose, an existing model developed in the practice equipment. Simulated are the main processes in technological equipment. The results are given in graphic form and provide the opportunity to perform optimization of structural and technological parameters of testomestilni bread machines in industry.*

Key words: *kneading machine, dough, modeling, simulation, finite element method*

ВВЕДЕНИЕ

Создание нового пищевого оборудования требует фундаментальной научной проработки всех этапов его проектирования.

При проектировании машин хлебопекарной промышленности, а в частности – для замеса хлебного теста, необходимо учесть и согласовать несколько аспектов: равномерное перемешивание компонентов, соблюдение оптимальной длительности этапов процесса замеса теста, сообщение продукту достаточной удельной энергии и пр.

В ходе создания новых тестомесильных машин расходуется много материальных ресурсов и времени, так как одной из основных задач есть проведение экспериментальных исследований, которые, в свою очередь, не дают полной картины процесса замеса хлебного теста.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Существуют традиционные математические методики расчета конструкций смесителей, учитывающие основные принципы создания машин. На сегодняшнее время их уже недостаточно для прогресса в области создания передового оборудования.

Последовательной теории перемешивания теста как вязкой неньютоновской жидкости еще не существует. Основной способ продвижения вперед - это компьютерное моделирование. Оно позволяет поднять надежность и качество проектирования на новый уровень, сократить процесс проектирования.

С его помощью можно прогнозировать: как повысить равномерность распределения компонентов по всей массе теста, как создать и укрепить клейковинную структуру теста, обеспечивающую оптимальный объем хлеба, а также как осуществить процесс наиболее экономично при достижении всех необходимых условий.

Во время моделирования, значительное внимание отводилось энергетическим и гидродинамическим показателям процесса, так как именно они влияют на конечное качество продукта.

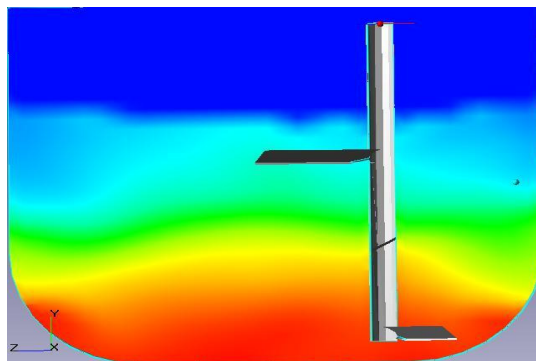
Материалы и методы

Для моделирования процесса замеса теста был выбран программный комплекс Flow Vision, так как с его помощью можно исследовать движение жидкостей и газов.

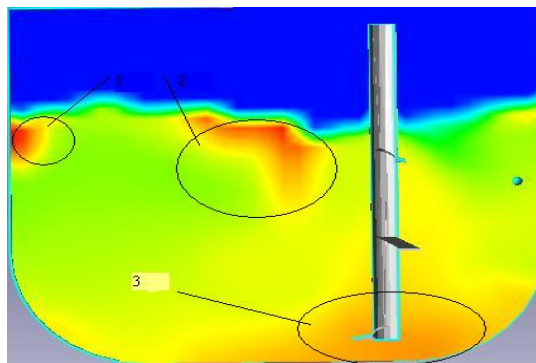
В ходе работы были созданы модели тестомесильных машин с различными конструкциями рабочих органов, наиболее распространенных в отрасли; определены следующие параметры: равномерность замеса, энергетические

затраты, распределение скоростей в продукте, изменение вязкости потока в месильной емкости во время замеса и др.

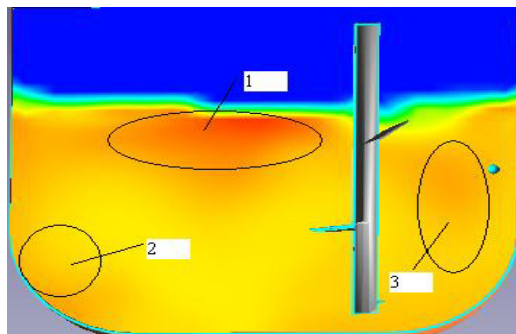
Одной из типичных конструкций является тестомесильная машина с месильным органом, выполненным в виде вертикального вала, на котором закреплены месильные лопасти различной формы [4].



а



б



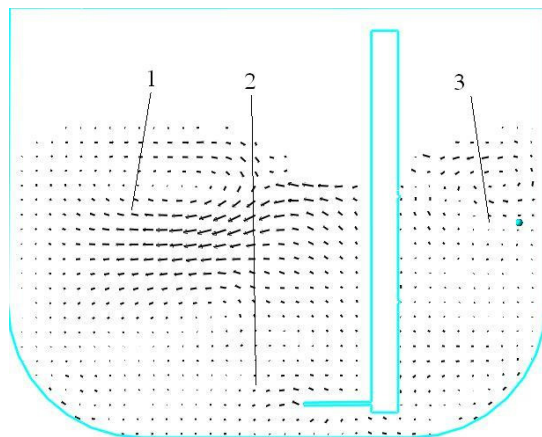
в

Рис.1. Распределение концентрации смеси в емкости после: 5 - (а), 15 - (б), 25 - (в) секунд перемешивания

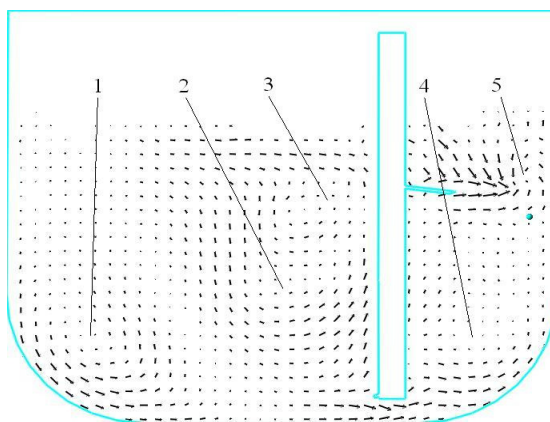
Необходимо было установить, как меняется концентрация различных компонентов смеси в ходе перемешивания. На рисунке 1 представлены последовательные этапы процесса. Если в начале более плотные компоненты находятся в нижней части емкости, то со временем происходит образование первичных комков смеси (на рисунках выделены цифрами), и они перемещаются по объему. Постепенно происходит выравнивание концентрации.

В данном случае удалось установить время, когда образуется равномерная смесь и процесс перемешивания можно заканчивать.

Другим объектом исследований являются траектории движения частиц теста. Их определение важно для обеспечения обработки теста во всех частях емкости и ликвидации возможных застойных зон. Для этого можно получить картину распределения скоростей в виде векторов (рисунок 2).



а



б

Рис. 2. Векторы скоростей в вертикальной плоскости: после 5 – (а), 25 – (б) секунд перемешивания.

Также были проведены исследования качества перемешивания теста и энергетических параметров процесса на распространенных в промышленности тестомесильных машинах периодического действия А2-ХТБ и Л4-ХТВ. Они отличаются формой рабочего органа и скоростными параметрами [3].

В зависимости от градиента скорости деформации теста происходит изменение его динамической вязкости. Это существенно влияет на кинетику процесса. В ходе моделирования удалось достаточно точно определить область, в которой происходит активное перемешивание (рис.3).

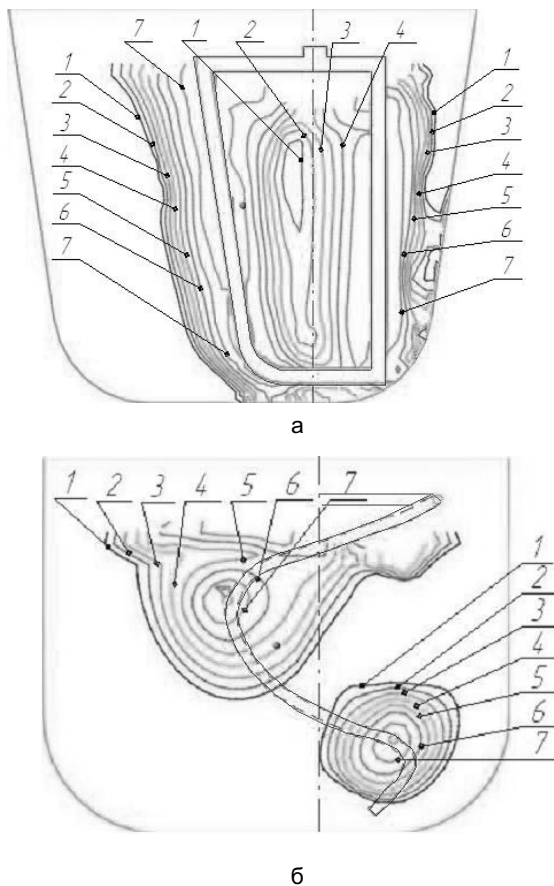
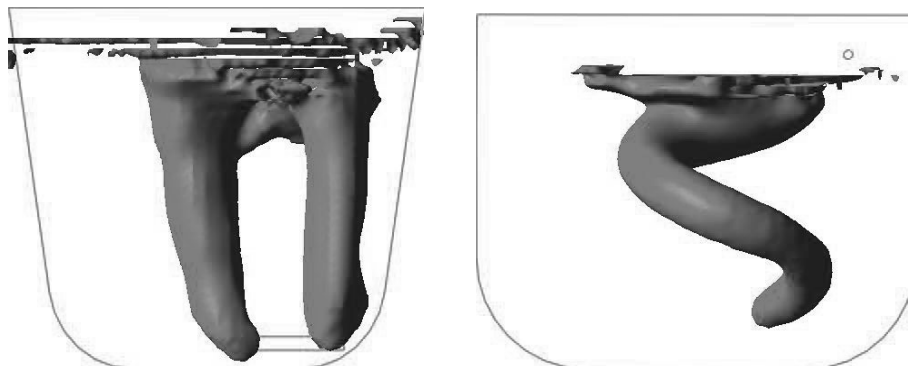


Рис.3. Области изменения вязкости теста в вертикальной плоскости:
а – А2-ХТБ; б – Л4-ХТВ.

Анализируя картину движения месильных органов в рабочей массе, мы впервые можем увидеть распределение градиента вязкости теста в месильной емкости. Наименьшие значения вязкости наблюдаются непосредственно возле месильных органов, в области воздействия лопаток. В дальнейшем объеме, вязкость теста значительно возрастает.

Также при помощи компьютерного моделирования удалось представить процесс в трехмерном изображении [1,2].

На рисунке 4 показаны эквипотенциальные области распределения вязкости теста в месильной емкости.



а б
Рис. 4. Области одинаковой динамической вязкости (100 Па·с):
а – А2-ХТБ; б – Л4-ХТБ

Компьютерное моделирование позволило также визуализировать энергетическую картину процесса замеса, а именно процесс диссипации кинетической энергии. Это позволяет оценить эффективность воздействия рабочего органа на продукт (рис.5).

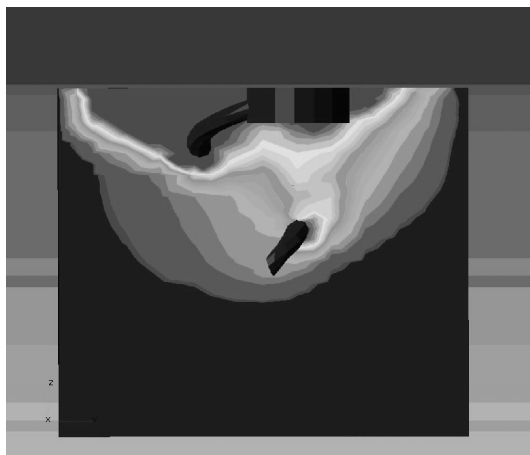


Рис. 5. Распределение диссипации энергии в рабочей камере машины Л4-ХТБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя представленные результаты, можно сделать вывод: компьютерное моделирование перемешивания позволяет значительно расширить знания о процессах, происходящих в технологическом оборудовании. Результатом этого

является более точное проектирование технологического оборудования, а, следовательно, и повышение качества хлебулочных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Литовченко І. М., Шпак М. С. Визначення раціональної конструкції тістомісильних машин шляхом комплексного моделювання робочих процесів / І. М. Литовченко, М. С. Шпак // Наукові праці НУХТ. - 2008. - № 25. - С. 86-87.

[2]. Литовченко І. М., Шпак М. С. Моделювання робочих процесів у тістомісильних машинах зі спіральними робочими органами / І. М. Литовченко, М. С. Шпак // Наукові праці НУХТ. - 2006. - № 18. - С. 69-71.

[3]. Литовченко І. М., Шпак М. С. Визначення раціональної конструкції тістомісильних машин шляхом комплексного моделювання робочих процесів / І. М. Литовченко, М. С. Шпак // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. - 2008. - № 43. - С. 20-22.

[4]. Литовченко І. М., Шпак М. С. Визначення раціональних параметрів первинного змішування компонентів в тістомісильних машинах / І. М. Литовченко, М. С. Шпак // Харчова промисловість. - 2008. - № 7. - С. 49-51.

За контакти:

Игорь Николаевич Литовченко, к.т.н., доцент, г. Киев, Украина, Национальный университет пищевых технологий, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, E-mail: inlit@voliacable.com

Максим Сергеевич Шпак, ассистент, г. Киев, Украина, Национальный университет пищевых технологий, кафедра машин и аппаратов пищевых производств.

Докладът е рецензиран.