

более ценную мясную фракцию (ММО низкого давления) по фракционному составу не отличающуюся от мяса птицы ручной обвалки. С учетом темпа роста производства мяса птицы необходимость выделять при механической обвалке ММО низкого давления приобретает все большую актуальность для белорусских предприятий не смотря на повышение затрат на оборудование технологической линии.

Список использованной литературы

1. ГОСТ 31490–2012. Мясо птицы механической обвалки. Технические условия. Введ. 01.01.2016. — М.: Стандартинформ, 2014. — 9 с.
2. Горбатов, А.В. Реология мясных и молочных продуктов / А.В. Горбатов. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 384 с.
3. Хвьяля, С.И. Механическая обвалка мяса птицы с использованием многозонного фильтра. Характеристика микроструктуры МПМО грудных костей / С.И. Хвьяля, В.А. Абалдова // Птица и птицепродукты. — 2015. — №5 — С. 57–60.

УДК 664.653.12

**Литовченко И.Н., кандидат технических наук, доцент**  
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

### **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПЕЧЕЙ**

Основная часть хлебобулочных изделий в настоящее время выпекается в тоннельных хлебопекарных печах. Они отличаются универсальностью, экономичностью, возможностью в широких пределах изменять температурные параметры по длине пекарной камеры.

Важное устройство, от работы которого зависит стабильность работы печи – это топка. В ней сжигается природный газ или жидкое топливо. Принцип ее действия связан с рециркуляцией отработанных греющих газов. Отработанные газы с температурой 350...400°C частично удаляются через трубу, а частично повторно подаются в топку, где смешиваются со свежими продуктами сгорания и направляются в греющие каналы.

От качественного перемешивания свежих и отработанных греющих газов зависит и равномерность обогрева пекарной камеры.

Определение параметров работы печи в заводских условиях – сложный экспериментальный процесс. Методы исследования трудоемки и имеют значительные погрешности. Предлагается использовать методы имитационного компьютерного моделирования. Они позволяют визуализировать потоки горячих газов внутри топки. Данные методы позволяют отслеживать изменение скорости потоков, перепады температуры и давления, процессы диссипации кинетической энергии потоков газов.

В данной работе была использована САЕ программа FlowVision. Она предназначена для расчета гидро- и газодинамических задач (вместе со связанными процессами тепло- и массопереноса) в широком диапазоне чисел Рейнольдса в произвольных трехмерных областях.

Использование данной программы позволило получить уникальную научную информацию в различных отраслях пищевой промышленности [1]. Были исследованы и предложены пути модернизации оборудования для смешивания пищевых продуктов [2], для транспортировки продуктов по трубам [3], тепловых процессов в расстойных шкафах [4].

Также было изучено движение греющих газов по разным зонам туннельных печей [5].

В данной работе в ходе моделирования была использована  $k - \epsilon$  модель турбулентного течения вязкой жидкости с небольшими изменениями плотности при больших изменениях числа Рейнольдса.

В расчете были использованы физические параметры, полученные в свое время при реальных модельных экспериментах:

- температура продуктов сгорания, выходящих из камеры сгорания, 1900°C;
- температура газов, подаваемых на рециркуляцию 350°C;
- перепад давления по длине топки составляет 30 Па.

Количество и пропорция газов, поступающих в топку, определялась по коэффициенту избытка газов, равному 2,15.

При определении граничного условия стенки была задана шероховатость поверхности, которая характерна для материала, из которого изготавливается топка.

При моделировании использовано несколько способов визуализации полученных результатов. Визуализация скалярного поля диссипации кинетической энергии, которая пропорциональна градиенту скорости деформации продукта, позволила определить места возникновения завихрений в потоке. Поле диссипации визуализировано путем использования градиентных изолиний. Визуализация векторного поля скорости позволила определить места изменения величины скорости и изменения направления движения продукта.

Анализируя распределение скоростей по длине топки, выделены две устойчивые области. Первая область – по оси топки – в месте выхода газов из камеры сгорания. Вторая область – цилиндрическая, в ней газы рециркуляции двигаются возле внешних стенок топки. Установлено, что смешивание газов в топке практически не происходит. Оно начинается уже в распределительной коробке. Понятно, что такой режим работы неустойчив и не дает качественного результата.

Температура газов по центру потока снижается от 1900°C до 600°C практически по линейной зависимости. Но при эффективной работе топки она должна в начале зоны смешения резко снижаться. В газоходы должен идти поток с температурой около 600°. Получения такой температуры происходит в самом конце камеры смешения.

Диссипация кинетической энергии газов показывает места возникновения завихрений, благодаря которым и происходит смешивание горячих и холодных газов. Отмечены завихрения в двух локальных областях. Первая область – кольцо вокруг выхода продуктов сгорания из камеры сгорания. Вторая область – в области сужения топки – на выходе.

Проведенный анализ работы топки позволил выявить и локализовать недостатки существующей базовой конструкции - это недостаточная турбулизация потока газов. Метод компьютерного моделирования позволил предложить пути решения проблемы.

Подробно с результатами исследования можно ознакомиться в материале [6].

**Выводы**

1. Газы рециркуляции, которые вводятся в топку тангенциально, образуют устойчивый вращающийся поток около стенок камеры. Это препятствует их смешивания со свежими продуктами сгорания.

2. Крупнейшие области турбулентии, в которых происходит перемешивание газов, расположены в начале камеры смешения и на выходе из нее.

3. Предлагается оборудовать топки подобного типа дополнительными деталями. Они должны изменять направление потоков газов рециркуляции так, чтобы происходило активное их перемешивание с продуктами сгорания по всей длине топки.

4. Предложенный способ исследования хлебопекарных печей может быть использован при разработке новых эффективных конструкций этого вида хлебопекарного оборудования а также для модернизации существующих конструкций.

5. Компьютерное моделирование сложных теплообменных процессов позволяет получить уникальную научную информацию о работе топок хлебопекарных печей. Компьютерное моделирование позволяет оперативно проверить правильность предложенных технических решений при модернизации конструкций тепловых устройств хлебопекарных печей.

6. Предлагается использовать разработанную методику моделирования технологических процессов для углубления знаний о процессах и аппаратах пищевой промышленности. Для совместного сотрудничества обращайтесь по адресу: postman3000@yandex.ua.

### Список использованной литературы

1. Шпак М.С. Моделирование основных процессов в оборудовании пищевой промышленности / М. С. Шпак, И. Н. Литовченко // Инженерные системы: тезисы докладов, международная научно-практическая конференция. – Москва, 2011. – с. 4.
2. Luchian I. Numerical simulation of energy dissipation in mixing process of bread dough / M. I. Luchian, I. Litovchenko, S. Stefanov, C. Csatlós // Journal of EcoAgriTourism, Proceeding of BIOATLAS. – conference. – 2012. – Vol. 8., no. 2. (25). – p. 67–70.
3. Litovchenko I. Computer modelling of movement of meat raw material on pipelines / I. Litovchenko, V. Taran, S. Beseda // National university of food technology, Kiev, Ukraine, Nyiregyhaza, Hungary 2011 p. 211–214.
4. Stefanov S. Use of computer modeling for modernization of final proofers of preparation of dough / S. Stefanov, W. Hadjiiski, I. Litovchenko // 12th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry" RaDMI 2012, 13–17. September 2012. - Vrnjacka Banja, Serbia, 2012. – p. 791–796.
5. Litovchenko I. The study of the baking ovens by computer simulation / I. Litovchenko // Food technology. – Romania, 2013. – Vol. XVII - p. 107–115.
6. Igor Litovchenko Modeling work furnace recirculating heating gases for tunnel baking Ovens. // Ukrainian Food Journal. 2016. Volume 436 5. Issue 3. – p. 560–567.

УДК 663.533

**Мудрак Т.Е., кандидат технических наук, доцент,  
Куц А.М., кандидат технических наук, доцент,  
Кириленко Р.Г., кандидат технических наук, доцент,  
Ковальчук С.С.**

Национальный университет пищевых технологий Киев, Украина

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ НА КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ДРОЖЖЕЙ И СБРАЖИВАНИЕ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО СУСЛА

Для сбраживания сусла высоких концентраций большое значение имеет физиолого-биохимическая активность дрожжей. Их физиологическое состояние влияет на биоконверсию сусла и качественный состав летучих примесей бражки. Физиологическое состояние дрожжей определяется составом сусла, которое должно содержать достаточное количество сброженных сахаров, азотные и минеральные вещества [1,2].