

## Использование методов компьютерного моделирования при исследовании конструкции рабочей камеры бродильно-формующего агрегата

Теличкун Юлия, Литовченко Игорь, Кравченко Александр,  
Теличкун Иван

**Abstract.** *Using methods of computer modeling the analysis of constructions of working chambers of the fermentation-forming unit is made. It is considered rectangular, circular, oval and tear-shaped forms of section with identical volumes and parameters of an input and an exit from the chamber. Influence of a distributive element is investigated. Distribution of particles, speeds of a stream on chamber section is received.*

*The conducted researches have allowed to choose, the oval form of section as the most rational to use for designing of the fermentation-forming unit for hardtack.*

**Keywords:** *computer modeling, fermentation-forming unit, working chambers rectangular, circular, oval, tear-shaped forms of section*

### ВВЕДЕНИЕ

Использование экструзионной техники для изготовления изделий из дрожжевого теста - одно из перспективных направлений внедрения энерго-и ресурсосберегающих технологий в хлебопекарной промышленности. Наиболее целесообразно применение бродильно-формующих агрегатов, которые позволяют объединить все операции разделки теста в одном агрегате, значительно сократить количество используемого оборудования, уменьшить занимаемые производственные площади и количество обслуживающего персонала, возможность создать механизированную поточную линию [1].

Для совершенствования теории и методов расчета экструзионного оборудования в целях оптимального конструирования узлов экструзионной техники, для углубления понимания физической сущности процесса и определения количественных характеристик процесса экструдирования целесообразно наряду с методами исследований на физических моделях и конструирования использовать методы компьютерного моделирования, что позволяет прогнозировать качество продукта, оптимизировать параметры ведения процесса и разрабатывать рациональные конструкции агрегатов. Использование компьютерного моделирования является достаточно эффективным методом, позволяющим анализировать конструктивные изменения агрегата на этапе его проектирования.

### Теоретические и экспериментальные исследования

Конструкция бродильно-формующего агрегата включает основные составные части: нагнетающее устройство, бродильную камеру и формирующий элемент - матрицу. Движение дрожжевого теста на каждом участках агрегата отличается параметрами процесса, состоянием, свойствами среды, поэтому мы рассматриваем три разных задачи. Расчет нагнетающего устройства в данной задаче не рассматривается, поскольку могут быть использованы различные типы нагнетателя.

Цель наших исследований – изучение влияния геометрической формы сечения рабочей камеры бродильно-формующего агрегата на изменение скорости потока путем моделирования течения дрожжевого теста. Расчет течения теста в бродильной камере проводили с целью определения оптимальной формы камеры брожения, рассматривали прямоугольную, круглую, овальную и каплевидную формы сечения камеры с одинаковыми объемами и параметрами входа и выхода из камеры.

Поскольку течение в камере брожения происходит под давлением 0,2-0,4 МПа, мы можем рассматривать поток тестовой массы как ламинарный устойчивый поток несжимаемой псевдопластической неньютоновской жидкости [2].

Для расчета использовали программный комплекс Flowvision. Рассматриваемое нами течение определяется совокупностью начальных и граничных условий и зависимостями между переменными величинами.

Нами получено распределение скорости, как по высоте, так и по ширине рабочей камеры, что дало возможность оценить влияние геометрической формы сечения на равномерность потока.

Как показали результаты исследований (рис.1) в камере прямоугольного поперечного сечения распределение частиц и характер распределения скорости по ширине камеры свидетельствует о возникновении застойных зон, циркуляции потоков у стенок камеры, что влияет на характер течения по центру. Отсутствие в геометрии плавных сопряжений в прямоугольной форме сечения не позволяет организовать равномерный поток и рост скорости в предматричный зоне.

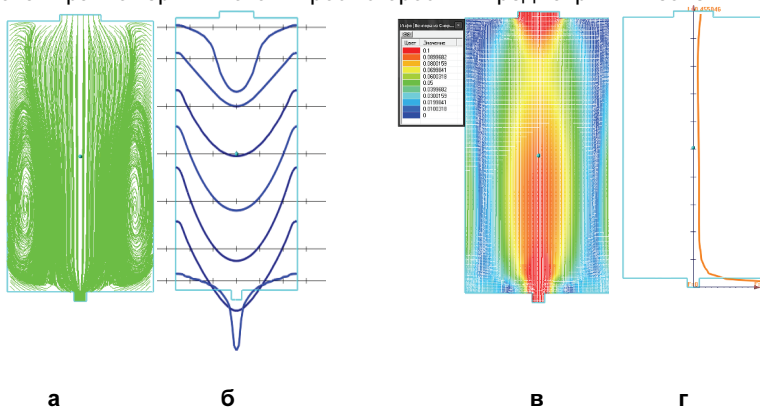


Рис.1. Поток частиц **а**, эпюры распределения скорости в поперечном сечении камеры на разной высоте **б**, поле скорости потока теста **в**, график изменения скорости течения теста по высоте рабочей камеры **г** для прямоугольной формы сечения.

Проанализировав эти виды сечений мы пришли к выводу что в обоих случаях имеют место застойные зоны и падение скорости по длине, а также значительная неравномерность течения по сечению и велика вероятность медленной течения, а в некоторых местах, даже рециркуляции в пристенном слое.

Следовательно, для этой формы сечения характерно: наибольшая скорость потока по центру камеры, медленное течение и застойные зоны при приближении к стенкам, что в свою очередь дает неравномерный поток в предматричный. Данная конструкция рабочей камеры нуждается в укреплении ребрами жесткости.

Рассматривая круглую форму сечения (рис.2), следует отметить, что она не деформируется под действием избыточного давления, а, следовательно, не требует дополнительного укрепления.

Значительное расширение рабочей камеры круглого сечения приводит к рассеиванию потока, скорость на входе больше чем по центру камеры. Поток частиц и распределение скорости в сечениях на разном расстоянии от входа свидетельствует, что отсутствие резких изменений геометрии позволяет избавиться от застойных зон у входа в камеру, но вместе с тем увеличивается размер застойных зон и циркуляция потока у выхода.

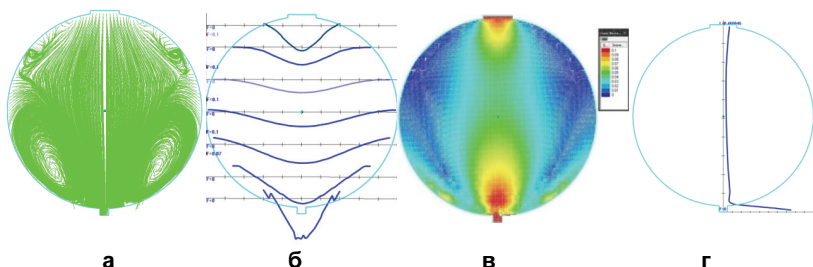


Рис.2. Поток частиц **а**, эпюры распределения скорости в поперечном сечении камеры на разной высоте **б**, поле скорости потока теста **в**, график изменения скорости течения теста по высоте рабочей камеры **г** для круглой формы сечения.

Следовательно, круглая форма сечения позволяет получить достаточно равномерный поток в предматричной зоне рабочей камеры, но в тоже время приводит к потере кинетических параметров потока, скорость потока на выходе из камеры составляет 0,009 м/с,

Синтезировав рассмотренные формы сечения последовательными коррекциями геометрической модели с расчетами каждого варианта была подобрана геометрия, которая является, средней между прямоугольной и круглой - овальная форма (Рис. 3). Данное сечение позволяет получить относительную равномерность потока без значительных потерь скорости по длине бродильной камеры с минимизацией застойных зон. Овальная форма сечения объединяет в себе преимущества прямоугольной формы - сохранение скорости потока по центру камеры, и учитывает положительные стороны круглого сечения рабочей камеры - равномерность потока, уменьшение застойных зон. Поле скорости свидетельствует, что расширение камеры, как и в круглом сечении, уменьшило скорость потока по центру, но это влияние весьма незначительно т.к. ширина данного сечения намного меньше. В предматричной зоне имеет место незначительное падение скорости, а затем стремительный ее рост, что обусловлено столкновением основного потока, движущегося по центру и потоков от стенок.

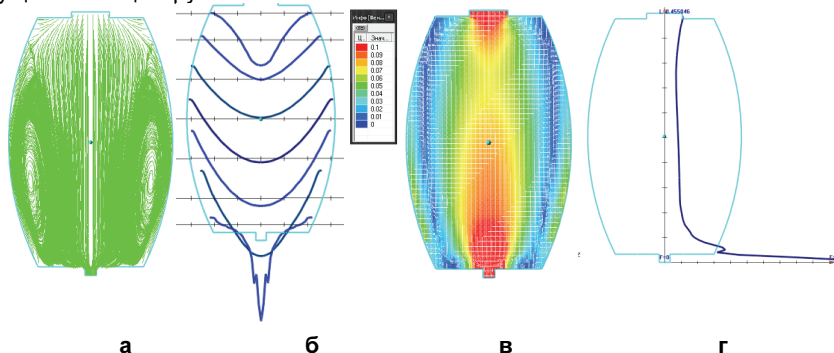


Рис.3. Поток частиц **а**, эпюры распределения скорости в поперечном сечении камеры на разной высоте **б**, поле скорости потока теста **в**, график изменения скорости течения теста по высоте рабочей камеры **г** для овальной формы сечения.

Эпюры скорости показывают достаточно равномерный характер потока и в предматричной зоне скорость потока достигает 0,035м/с. Следовательно, в овальной форме сечения намного меньше застойных зон, чем в предыдущих двух, овальная

форма сечения наиболее рациональна при конструировании рабочей камеры бродильно-формующего агрегата. Следует отметить, что данная конструкция является наиболее сложной в изготовлении в отличие от предыдущих двух.

Проведенные исследования позволили предположить, что дальнейшим усовершенствованием овальной формы сечения может стать каплевидная.

Каплевидная форма сечения позволяет организовать направленное движение теста с равномерной и достаточно высокой скоростью (0,032 м/с), заметно уменьшились застойные зоны.

Однако, несомненная эффективность каплевидной формы рабочей камеры с применением распределительного элемента, хоть и позволяет обеспечить плавное протекание процесса, равномерность потока и достаточную скорость течения имеет скорее теоретический интерес в связи со сложностью практического изготовления и обслуживания данной конструкции

### **ВЫВОДЫ**

Следовательно, использование методов компьютерного моделирования позволило нам получить основные качественные и количественные характеристики движения дрожжевого теста в рабочей камере различной конфигурации, определить наиболее рациональную форму рабочей камеры. Результаты проведенных исследований внедрены в конструкцию бродильно-формующего агрегата для производства сухариков.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1.Теличкун В.И. Поточно-механизированная линия производства сухариков экструзией/ В.И.Теличкун, Ю.С.Теличкун, А.А.Губеня ,Н.Г.Десик//: Научни трудове на УХТ, Том LVI, Свitez 2, Пловдив:Академично издателство на УХТ, с. 295-300.

2.Yu. Telichkun, V. Telichkun, V. Taran, O. Gubenia, M. Desik. The research of the gas-filled dough rheological characteristics / EcoAgroTourism. - 2010. - N1. – P. 67-71.

3.Патент на винахiд 91314 Украiна, МПК А21С 1/00, А21С 13/00. Бродильно-формувальний агрегат / В.І.Теличкун, Ю.С. Теличкун. Десик М.Г., Василенко О.В.; заявник Нацiональний унiверситет харчових технологiй. – № u2009 11210; заявл. 04.11.2009; опубл. 12.04.2010, Бюл, №7.

### **За контакти:**

1. Теличкун Юлия Станиславовна, кандидат технических наук, ассистент кафедры машины и аппараты пищевых и фармацевтических производств, Национальный университет пищевых технологий, г.Киев, Украина, (tvill@meta.ua)

2. Литовченко Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры машины и аппараты пищевых и фармацевтических производств, Национальный университет пищевых технологий, г.Киев, Украина,

3. Кравченко Александр Иванович аспирант кафедры машины и аппараты пищевых и фармацевтических производств, Национальный университет пищевых технологий, г.Киев, Украина,

4. Теличкун Иван Сергеевич, студент Национальный университет „Киево-Могилянская академия”, г.Киев, Украина.

### **Докладът е рецензиран**