

## Моделирование процесса замеса дрожжевого теста в тестомесильной машине непрерывного действия

Александр Кравченко, Александра Кудинова, Игорь Литовченко,  
Юлия Теличкун, Алексей Губеня, Владимир Теличкун

*Simulation of the kneading yeast dough kneading machine in continuous operation: To intensify the machining test during mixing, we suggested to use screw the working part of various modifications, which provide continuous transportation and intensive mechanical impact on the dough during kneading.*

*To study the process of kneading proposed design model using a software package Flow Vision. Investigated different types of kneading part: digitalete, spiral, ribbon.*

*Analysis of the results of modeling allowed us to offer the design a combined work part that provides a three-step process of knead the dough kneading machines in continuous action.*

**Keywords:** *Intensification, kneading, screw the working part, Flow Vision, kneading machine*

### ВВЕДЕНИЕ

Широкое внедрение в хлебопекарное производство ускоренных технологий тестоприготовления предполагает использование интенсивной механической обработки полуфабрикатов. В связи с этим в промышленности получили широкое распространение двухскоростные тестомесильные машины периодического действия с интенсивным замешиванием теста, что обусловило переход от непрерывного поточного замеса теста к периодическому, поскольку в промышленности отсутствуют непрерывные тестомесильные машины интенсивного действия. Создание тестомесильных машин непрерывного действия является актуальным на современном этапе.

Интенсификация процесса замешивания может осуществляться увеличением частоты вращения рабочего органа, изменением его конструкции, что приводит к изменению структурно-механических свойств теста и позволяет уменьшить продолжительность брожения теста.

Во время брожения тестовых полуфабрикатов происходит изменение их структурно-механических свойств, определяющих удельный объем, структуру пористости и состояние поверхности готовых изделий.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Интенсивная механическая обработка теста во время замеса положительно сказывается на качестве готовых изделий при ускоренных способах тестоприготовления. Для обеспечения интенсивной механической обработки теста в машинах непрерывного действия нами предложено в качестве рабочих органов использовать шнеки различной модификации.

В машинах со шнековыми рабочими органами происходит одновременно перемешивание и перемещение компонентов вследствие трения и скольжения смеси по стенкам винта и желоба.

В зависимости от вида и состава смеси наиболее часто применяют сплошные и ленточные шнеки. У ленточных рабочих органов эффект перемешивания выше, чем у смесителей со сплошными шнеками. Сплошные шнеки обеспечивают транспортирование и интенсивную механическую обработку теста [1].

Для исследования процесса замеса теста предложена расчетная модель замеса с использованием программного пакета Flow Vision российской фирмы "Тесис". Данный пакет предназначен для моделирования гидродинамических процессов в технических и природных условиях, а также визуализации этих процессов методами компьютерной графики и базируется на анализе напряженно-деформированного состояния исследуемого материала.

Проанализировав все базовые математические модели, которые представлены в Flow Vision, использовали модель "Несжимаемая жидкость". Данная модель описывает течение вязкой жидкости или газа при малых числах Маха, малых и больших числах Рейнольдса. Допускаются небольшие изменения плотности, в виду присутствия в тесте во время замеса газовой фазы только в качестве воздуха, захваченного во время замеса.

Математическая модель расчета процесса замеса базируется на использовании известных уравнений Навье-Стокса, энергии, конвективно-диффузионного переноса и изменения вязкости вещества во время замеса.

На основе проведенных теоретических исследований нами предложено исследовать разные типы месильных органов (рис.1): пальцевый а, спиральный б, ленточный в, которые размещены попарно в корытообразной месильной емкости, с одинаковым шагом, встречным направлением витков и встречным вращением. Комбинированный рабочий орган г состоит из одного витка сплошного шнека, который обеспечивает направленное движение компонентов в зону замешивания ленточными рабочими органами, сплошной шнек подает перемешанные компоненты в зону интенсивной механической обработки шнеком с переменным шагом.

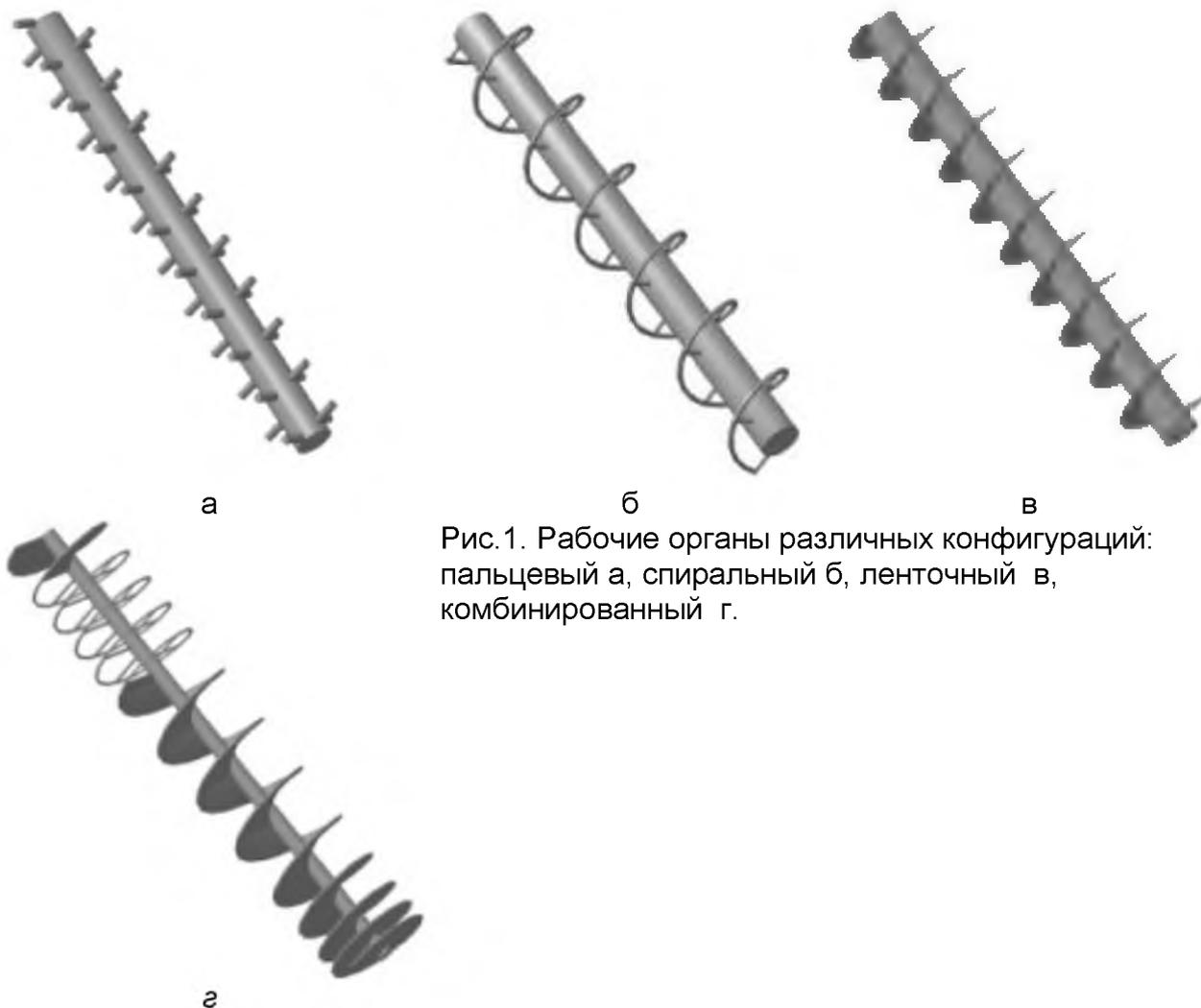


Рис.1. Рабочие органы различных конфигураций: пальцевый а, спиральный б, ленточный в, комбинированный г.

Компоненты для замеса подаются в приемный патрубок, а выгрузка замешенного теста осуществляется через решетку с отверстиями, изменение поперечного сечения которых позволяет изменять время и интенсивность механической обработки.

Геометрические модели построены с использованием программного комплекса «Компас», для комбинированного рабочего органа ( рис. 2.)

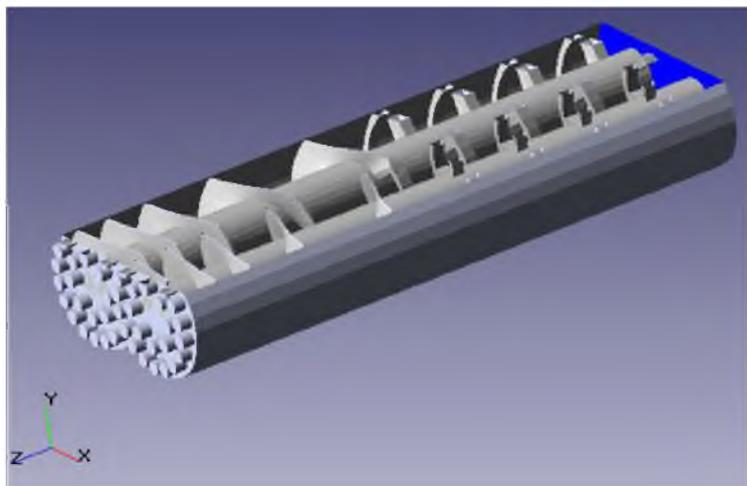
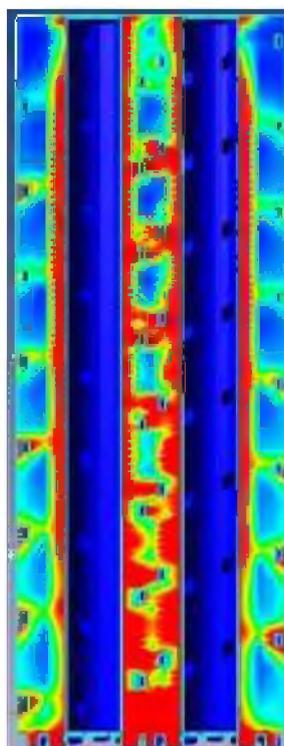
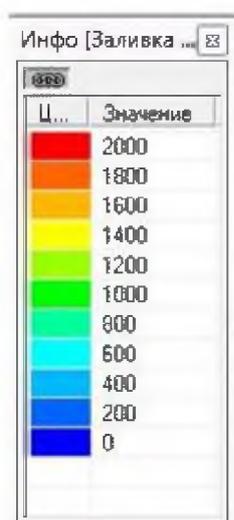


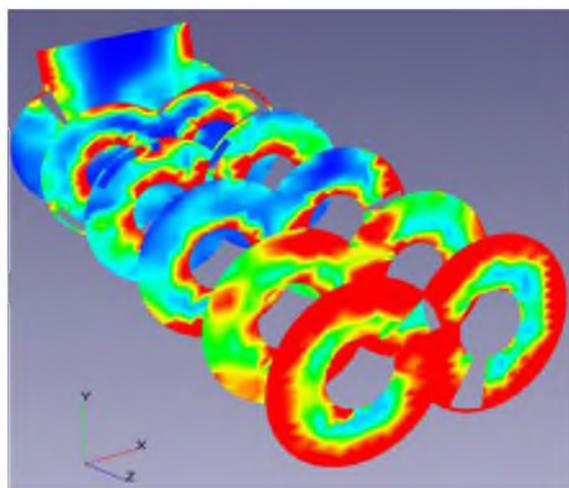
Рис.2 Расчетная модель комбинированного рабочего органа

Результаты вычислительного эксперимента представлены в осевом горизонтальном сечении и в вертикальных сечениях для всех исследуемых рабочих органов. Метод заливки позволяет оценить степень воздействия каждого рабочего органа по уровню диссипации энергии.

Для спирального рабочего органа (рис.3) характерно равномерное интенсивное воздействие по всей длине рабочего органа в зоне зацепления витков, усиление в конце вызвано сопротивлением установленной решетки.



а

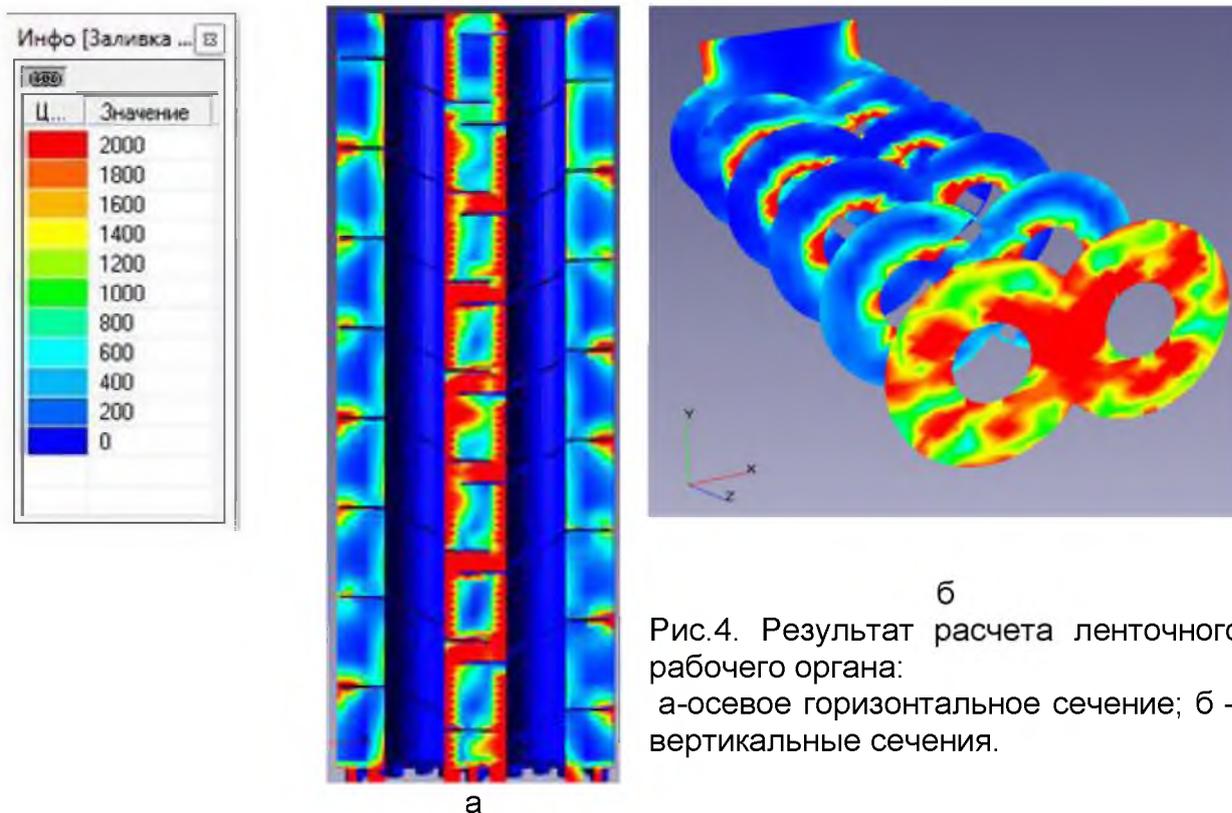


б

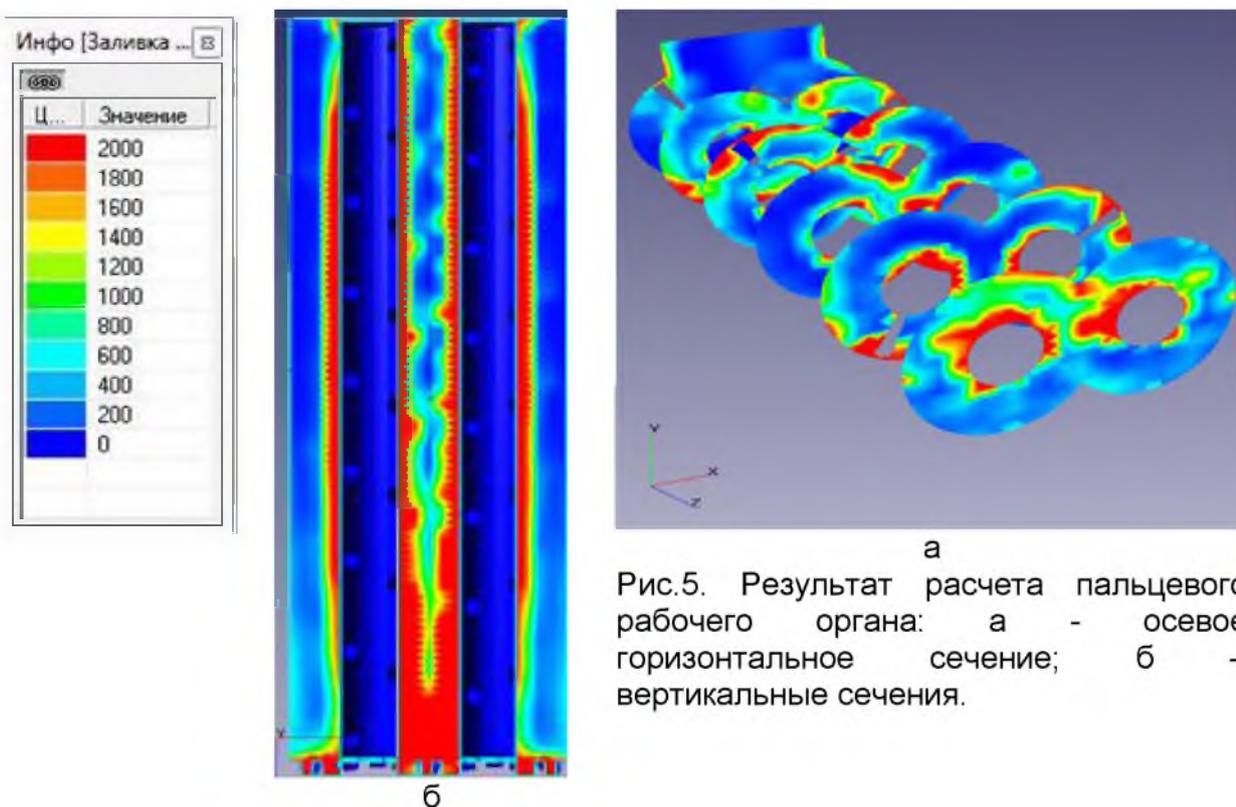
Рис.3 Результат расчета спирального рабочего органа: а-осевое горизонтальное сечение; б – вертикальные сечения.

При исследовании ленточного рабочего органа (рис.4) установлено, что наиболее интенсивное воздействие происходит в зоне зацепления витков и у поверхности валов. Для данного рабочего органа более характерной есть

транспортирующая функция, чем смешивающая. Установленная на выходе решетка усиливает воздействие.



Наиболее щадящее воздействие из рассмотренных оказывает пальцевый рабочий орган рис.5.



Усиление воздействия происходит в зоне зацепления перед решеткой.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований нами предложена конструкция комбинированного рабочего органа и выполнен его расчет (рис.5).

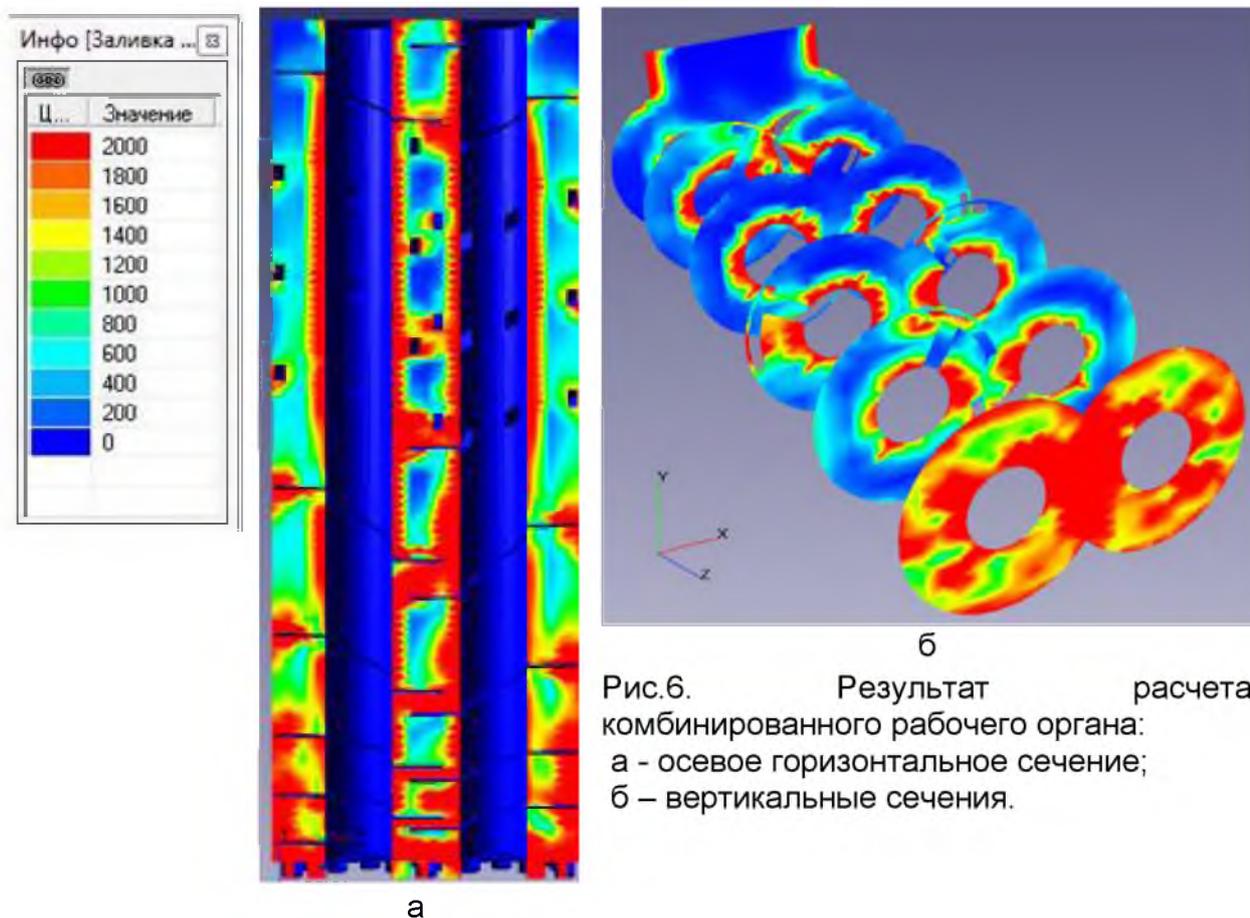


Рис.6. Результат расчета комбинированного рабочего органа:  
а - осевое горизонтальное сечение;  
б - вертикальные сечения.

Для усиления транспортирующей функции в комбинированном рабочем органе установлен один сплошной ленточный виток для подачи сырья в зону смешивания компонентов спиральным рабочим органом, далее установлены сплошные ленточные витки, которые обеспечивают транспортирование теста в третью зону и одновременно осуществляется вторая стадия собственно замеса. Третья стадия – пластификация - осуществляется сплошным ленточным рабочим органом с уменьшающимся шагом. Уменьшение шага между витками способствует интенсивному механическому воздействию тестовой массы по всему объёму камеры, как в зоне зацепления витков, так и в пристенном шаре.

Диссипация механической энергии в тепловую в большей степени происходит в местах воздействия на тесто рабочего органа, наибольшее влияние оказывает шнековый рабочий орган с уменьшающимся шагом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Используя программный пакет Flow Vision, нами выполнено моделирование процесса замеса теста для различных конструкций рабочих органов непрерывного действия. Анализ полученных результатов моделирования позволил предложить конструкцию комбинированного рабочего органа, который обеспечивает трёхстадийный процесс замеса теста в тестомесильных машинах непрерывного действия.

**ЛИТЕРАТУРА**

[1] Бэтчелор Д.К. Введение в динамику жидкости. - М.: РХД, 2004, - 768 с.

[2] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. «Теоретическая физика. т.VI. Гидродинамика», - М.: Физматлит, 2006, - 736 с.

[3] Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision. Руководство пользователя. - М.: ТЕСИС, 2006,- 332 с.

**Для контактов:**

проф. Владимир Теличкун. Национальный университет пищевых технологий  
(Киев) e-mail: tvill@meta.ua

**Доклад рецензирован**