

3. Luchian, M.I. Simulation of the mixing bread dough process using computational techniques. / M.I. Luchian, I. Litovchenko, S. Stefanov, I. Mihailov, W. Hadjiiski - Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. - 2013. Vol. 6, Issue 2, P. 129-134.

4. Luchian, M.I. Modeling of Mixing Bread Dough Process Using Computational Techniques / M.I. Luchian, I. Litovchenko, S. Stefanov, I. Mihailov, W. Hadjiiski - Proceedings of the International Conference "Modern Technologies in The Food Industry-2012 "MTFI – 2012", November, 2012, Chişinău, Republic of Moldova, Vol. I, p. 123-128.

5. Litovchenko, I. Mixer's Design Method with Computer Modeling / I. Litovchenko, M. Shpak, S. Stefanov, W. Hadjiiski - 11 International Conference "Research and Development in Mechanical Industry", September 2011, Sokobanja, Serbia, c. 533-538.

УДК 621.929.7.

ДИНАМИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОГРЕШНОСТИ ДОЗИРОВАНИЯ ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ВЕСОВЫМ СПОСОБОМ

*Б.В. Михайлик, д-р техн. наук, профессор А.Н. Гавва, канд. техн. наук, доцент И.М. Литовченко
Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

Резюме – проведено имитационное исследование процессов, которые возникают во время весового дозирования вязкопластической пищевой продукции в потребительскую тару, с целью определения основных причин возникновения погрешности формирования дозы.

Проведенный анализ результатов исследования показывает, что использование подвижного сопла обеспечивает более стабильные изменения показаний тензометрической системы в таре значительной высоты, что позволяет более точно описывать поведение продукции и реализовывать режим наполнения тары.

Ключевые слова: вес; дозирование; моделирование; тензометрия; тара, вязкопластический.

Введение. Вследствии развития электроники, а также необходимости изготовления на производстве продукции небольшими партиями с разными размерами упаковки, в пищевой промышленности все шире применяется весовой способ формирования дозы продукции. В случае сыпучих и жидких продуктов уже создано значительное количество такого оборудования. Среди преимуществ весового дозирования выделяют высокую точность дозирования и быструю переналадку оборудования на другой размер тары. Однако его применение при дозировании вязкопластической продукции ограничено, из-за реологических особенностей существенно влияют на погрешность дозы.

Цель исследования - определить факторы и процессы, вызывающие погрешность формирования дозы при использовании весового метода дозирования вязкопластической пищевой продукции в потребительскую тару.

Основная часть. Теоретические исследования процесса формирования дозы вязкопластической продукции проводились с помощью имитационного моделирования в программном комплексе FlowVision 2.3.0. В качестве основной модели расчета выбрана «Свободная поверхность», с расчетом уравнений концентрации, скорости и относительного объема жидкости в ячейке. Во всех случаях сопло питателя вставлялось отдельным фильтром, а подача продукции была задана нормальной скоростью. Результаты воздействия на тензометрическую систему получены с помощью дополнительной плоскости проведенной параллельно дну тары на расстоянии 0.5 мм от дна тары, в которой создан слой давления. Полученные данные моделирования записывались в отдельный файл, который в дальнейшем обрабатывался табличным процессором.

При проведении моделирования объектом, с которого формируется доза, выбран плавленный сыр, с такими свойствами: влажность 35%, плотность 1070 кг/м³, эффективная вязкость 18 Па/с, жирность 45%.

На первом этапе исследований определено влияние геометрии тары на процесс дозирования. Для исследования принято цилиндрическую тару, объем которой во всех случаях был одинаков – 0,00025 м³. Размеры задавались соотношением диаметра тары к диаметру дозирующего сопла (D/d). Диаметр дозирующего сопла принят равным 0,03 м. Предварительно были заданы следующие соотношения (D/d): 4/3, 2/1, 3/1, 4/1.

Производительность современных образцов промышленного оборудования находится в пределах 25-30 доз в минуту, поэтому с учетом технологического процесса время заполнения тары принимаем 1,875 с, следовательно, скорость наполнения 0,1895 м/с.

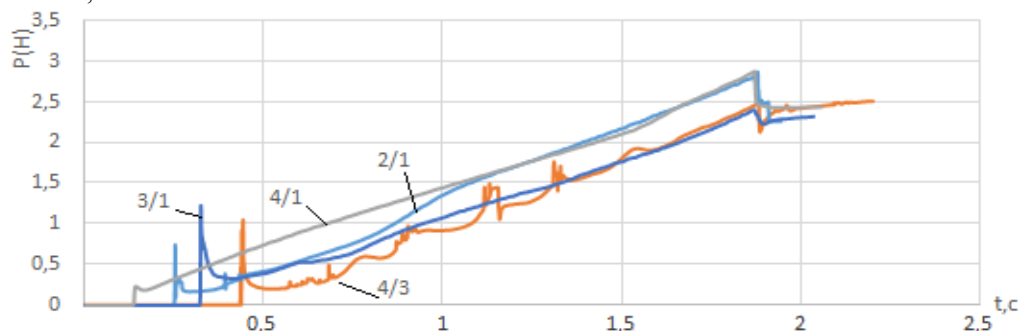


Рисунок 1 – Кинетика формирования дозы при разных значениях D/d: 4/3, 2/1, 3/1, 4/1.

Моделирование дало возможность определить величину динамической нагрузки на систему взвешивания. Реализация рационального закона формирования дозы подразумевает постепенное уменьшение удельной производительности питателя в конце процесса дозирования, для того чтобы компенсировать погрешность в конце наполнения. Так же в ходе моделирования было установлено, что при незначительном диаметре тары (4/3, 2/1) в начале процесса формирования дозы продукция при перемещении из сопла меняет объемную массу. В таком случае тензометрическая система воспринимает неравномерный прирост показателей, что может существенно усложнить реализацию рационального закона формирования дозы.

С целью определения неравномерности прироста дозы продукции, было проведено новое моделирование в двух вариантах с подвижным и неподвижным соплом. Тара для исследований принята жестяная тара №7 (внутренний диаметр 72,8 мм, высота 82 мм, объем 0,00035 м³), поскольку она является одной из широко распространенных, относительно высоких потребительских тар. Диаметр сопла не изменен, однако в случае его подвижного варианта, его стартовое положение находится на высоте 25 мм от дна, начало движения происходит с 0,6 с от начала дозирования, а скорость подъема равна скорости подъема уровня продукции в таре.

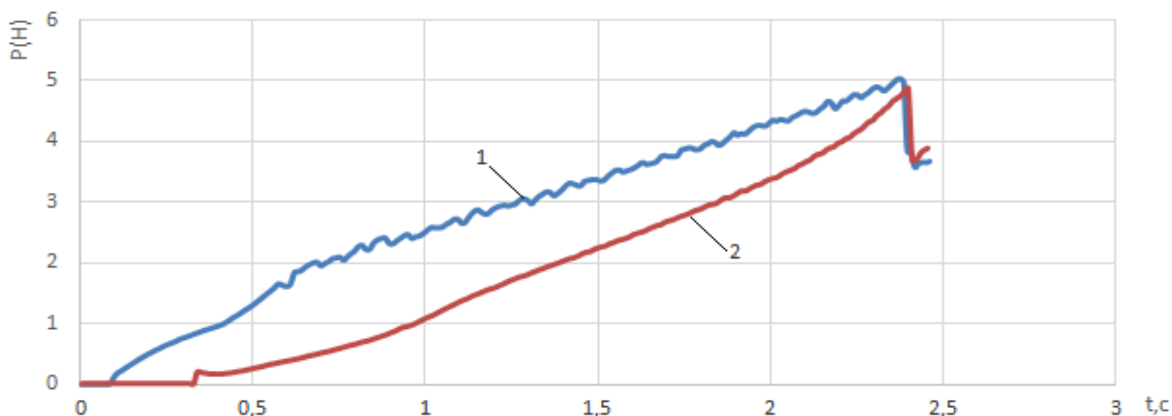


Рисунок 2 – Кинетика формирования дозы при движущемся (1) и стационарном (2) соплом питателя.

Как видно с рисунка 2 характер наполнения тары стационарным соплом в значительной степени напоминают характер наполнения тары 2/1 (D/d) с первого этапа моделирования. Давление, что воспринимает система взвешивания, описывается сложной кривой, которую сложно аппроксимирована линейным уравнением с достаточной точностью. В тоже время вариант с движущимся соплом можно разделить на два этапа, до начала движения и после начала движения. При рассмотрении отдельно эти графики можно аппроксимировать линейными уравнениями $P = 2,884 \cdot t - 0,104$ и $P = 1,771 \cdot t + 0,757$ со степенью точности $R^2=0,988$ и $R^2=0,997$ соответственно.

Вывод. Было проведено теоретическое исследование процесса дозирования вязкопластической пищевой продукции методом имитационного моделирования, в результате чего были определены динамические составляющие погрешности. А также отмечено, что при значительной высоте тары к погрешности от реологических свойств добавляется погрешность от изменения объемной массы продукции. Предложено использовать подвижное сопло питателя, что обеспечило равномерный прирост показателей на тензометрической системе. Полученные результаты могут быть использованы как уточнения при реализации рациональных режимов заполнения тары весовым способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов С.Т., Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов: в 3 кн.: Кн.2. Т.1/ С.Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова, проф. В.Я. Груданова // Минск: БГАТУ, 2008. - 580с.
2. Гавва О.М., Пакувальнеобладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан // К.: ІАЦ Упаковка, 2010. – 746 с.
3. Berk Z., Food process engineering and technology / Z. Berk // Elsevier, 2009. - 605 pp.
4. Чубик И.А. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов. Чубик И.А., Маслов А.М // "Пищевая промышленность", 1970. - 184с.
5. Левіт І. Б., Реологія харчових продуктів / І.Б. Левіт, В.О. Сукманов, Д.С. Афенченко // Полтава: ПУЕТ, 2015. - 540с.
6. Ульянов В. Дозаторы для фасовки. Классификация и описание схем работы // Технологии и оборудование. — Минск, 2003. — № 3. — С. 42–48.
7. Гавва О.М., Дозувальні пристрої пакувальних машин / О.М. Гавва, О.О. Кохан // Упаковка. — 2002. — № 5. — С. 46–49.