

УДК 664.651.4:62-189.2

ББК 36.81-5

И-21

Иванова Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования, факультета пищевой биотехнологии и инженерии, Университет ИТМО; 191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9; e-mail: mtomz85@mail.ru;

Громцев Александр Сергеевич, старший преподаватель кафедры технологических машин и оборудования, факультета пищевой биотехнологии и инженерии, Университет ИТМО; 191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9; e-mail: aleex_g@mail.ru.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ЧЕРПАКОВОГО
ДОЗАТОРА В ПРОГРАММЕ АРМ WINMACHINE 3D, ВЛИЯНИЕ
ГЕОМЕТРИИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДОЗАТОРА НА ТОЧНОСТЬ
ДОЗИРОВАНИЯ ЖИДКИХ ИНГРЕДИЕНТОВ ТЕСТА**

(рецензирована)

В статье представлены исследования в области дозирования жидких ингредиентов дозатором черпакового типа. В ходе исследований определены геометрические параметры рабочего органа дозатора, влияющие на точность дозирования жидких ингредиентов. Описаны этапы проектирования 3D моделей дозирующего диска с черпаками на программе АРМ WinMachine. По результатам натурных испытаний определены технические параметры, позволяющие влиять на точность дозирования. Результаты указанных исследований свидетельствуют о том, что точность дозирования черпаковым дозатором также зависит от режима течения ингредиентов, который в свою очередь связан с важнейшими реологическими показателями.

Ключевые слова: дозатор, точность, тесто, ингредиенты, сечение.

Ivanova Marina Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Department of Technological machines and equipment, the Faculty of Biotechnology and Food Engineering, ITMO University ; 191002, Russia, St. Petersburg, 9 Lomonosov Str., e-mail: mtomz85@mail.ru;

Gromtsev Alexander Sergeevich, a senior lecturer of the Department of Technological machines and equipment, the Faculty of Biotechnology and Food Engineering, ITMO University; 191002, Russia, St. Petersburg, 9 Lomonosov Str., e-mail: aleex_g@mail.ru.

**DESIGN OF SCOOP EXECUTIVE BODIES IN APM WINMACHINE 3D
PROGRAMME, INFLUENCE OF THE GEOMETRY OF DISPENSER WORKING
PARTS ON THE DOSING PRECISION OF LIQUID DOUGH INGREDIENTS**

(Reviewed)

The article presents the research in the field of dispensing liquid ingredients such as dosing scoop. The studies identified geometrical parameters of the dispenser working body, affecting the accuracy of dosing liquid ingredients. Stages of designing 3D models with metering disc scoops on APM WinMachine program are described. According to the results of field tests technical parameters allowing to influence the accuracy of dosing are determined. The results of these studies indicate that dosing accuracy of scoop dosing also depends on the flow regime of ingredients, which in turn is associated with important rheological characteristics.

Keywords: dosing, accuracy, dough, ingredients, section.

На современных хлебозаводах широко применяются дозаторы и дозирующие станции непрерывного действия для смешивания при тестоприготовлении жидких ингредиентов с исходным сыпучим сырьем в соответствии с рецептурами, утвержденными технологическими документами [1]. Подобные ингредиенты часто являются неньютоновскими жидкостями, что делает задачу обеспечения точности дозирования и технологичности в эксплуатации и обслуживании, названных устройств, чрезвычайно сложной.

Наиболее полно отвечают перечисленным условиям дозаторы черпакового типа, просты, надежны в эксплуатации, обеспечивают непрерывность потока, высокую производительность, конструктивно несложны и доступны для санитарной обработки [2, 3, 4].

Однако необходимо рассчитать характеристики конструктивных элементов для обеспечения оптимальных условий течения дозируемого ингредиента. Экспериментально определить величину точности дозирования при оптимальных режимах процесса, наиболее рациональных формах и размерах исполнительных органов. Исследовать влияние изменения характеристик точности доз ингредиентов теста на качество хлеба.

Существенное влияние на процесс дозирования в черпаковых дозаторах оказывает форма рабочего органа – черпака. Обычно эти машины выпускают с черпаками прямоугольной формы, что обусловлено упрощенным производственным процессом изготовления, в частности операцией сварки, литья или формовки черпака на машиностроительном заводе. При этом нигде не учитывается влияние формы черпака на величину погрешности при работе дозирующей машины.

На ее изменение оказывают существенное влияние такие параметры, как вязкость, температура, механические свойства теста и т.д. [5]. А также инерционность и производительность механизма зачерпывания, величина давления ингредиента в черпаке, скорость отмеривания жидкого ингредиента, обусловленные конструкцией дозирующей машины [6].

Теоретически, если процесс отмеривания, дозы ингредиента происходит при постоянных значениях вышеперечисленных факторов, то и величина приращения будет постоянной. Тогда погрешность дозирования, вызванная формой входного сечения, будет постоянной, а работа дозатора стабильной.

Практически же в течение технологического процесса дозирования ингредиентов теста и при работе дозирующей машины имеют место отклонения значений этих факторов, что оказывает существенное влияние на величину приращения [7]. Поэтому при конструировании рабочих органов дозатора – черпака, форму входного сечения необходимо выбрать такой, чтобы величина приращения была минимальной.

Для определения оптимальной формы рассмотрим четыре вида входного сечения черпака, возможных в конструкции дозатора, и вычислим степень плотности перекрытия за половину хода (рис. 1).

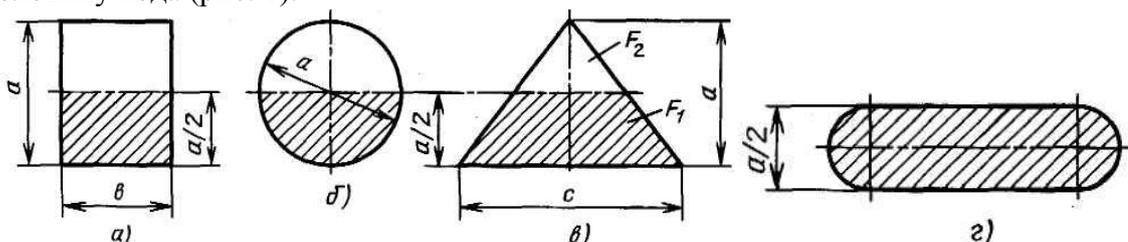


Рисунок 1. Схемы для определения степени перекрытия возможных сечений черпака:
 а) прямоугольного; б) круглого; в) треугольного; г) овального

Рассчитаем параметры прямоугольного, круглого и треугольного выходных сечений, у которых высоты и площади соответственно одинаковы, и овального сечения, у которого при той же площади поперечного сечения высота будет вдвое меньше.

Для упрощения рассмотрим, как осуществляется процесс перекрытия сечения ингредиентом во время зачерпывания, и определим степень перекрытия при среднем положении черпака в ванне.

Процесс перекрытия отверстия черпака, имеющим прямоугольную форму, будет происходить равномерно, по линейной зависимости, так как в каждый момент времени отверстие будет перекрываться на постоянную величину ΔF_i (рис. 1а). В среднем положении черпака в ванне будет перекрыта половина площади сечения.

Процесс перекрытия сечения черпаков в дозаторе с круглым входным отверстием будет в начальный период времени происходить с ускоренным приращением площади перекрываемого сечения, вплоть до середины, а затем – замедленным. В среднем положении черпака будет также перекрыта половина площади отверстия (рис. 1б).

При сечении черпака треугольной формы (рис. 1в), процесс перекрытия отверстия будет происходить с замедленным приращением. Определим степень перекрытия при среднем положении, зачерпывающего механизма. [8]

$$F_1 = F - F_2, \text{ м}^2 \quad (1)$$

где F_1 – площадь сечения зачерпываемого участка, м^2 ; F_2 – площадь оставшегося участка, м^2 ; F – полная площадь отверстия, м^2

$$F_2 = \frac{a}{2} \times \frac{c}{2 \times 2} = \frac{a \times c}{8}, \text{ м}^2 \quad (2)$$

где a – высота отверстия, м, c – длина основания отверстия, м,

$$F_2 = \frac{a \times c}{2}, \text{ м}^2 \quad (3)$$

Тогда площадь сечения будет:

$$F_1 = \frac{a \times c}{2} - \frac{a \times c}{8} = \frac{3 \times a \times c}{8} = \frac{3}{4} F, \text{ м}^2 \quad (4)$$

т.е. перекроется $\frac{3}{4}$ всей площади отверстия черпака.

При зачерпывании черпака овальным сечением (рис. 1г), если зачерпывающий механизм перемещается на величину $\frac{a}{2}$, выходное сечение будет перекрыто полностью.

Определим соотношение площадей сечений при работе зачерпывающего механизма:

При сравнении круглого или прямоугольного с треугольным:

$$\frac{F_{1\text{мп.}}}{F_{1\text{кр.}}} = \frac{3}{4} \times F \times \frac{2}{F} = 1,5 \text{ раза} \quad (5)$$

При сравнении круглого или прямоугольного с овальным, высота которого равна их половине:

$$\frac{F_{1\text{ов.}}}{F_{1\text{кр.}}} = \frac{F \times 2}{F} = 2 \text{ раза} \quad (6)$$

Значит, при одинаковой площади поперечного сечения входного отверстия черпаков дозирующей машины наибольшая степень перекрытия отверстия по времени, а, следовательно, и наименьшая величина возможного нестабильного приращения к массе дозируемого ингредиента, вызванная изменением технологических характеристик или

отклонением параметров работы дозатора, будет достигнута в черпаках, имеющих меньшую высоту входного отверстия и искривленную закругленную поверхность.

Используя инженерные чертежи и схемы рабочего органа дискового дозатора воды черпакового типа, а также проанализировав данные исследований проведенных авторами [9, 10, 11, 12], спроектировали 3D модели дозирующего диска (рис. 2) и двух вариантов черпаков (рис. 3) на программе CAD/CAE APM WinMachine, с учетом влияния геометрии черпака.

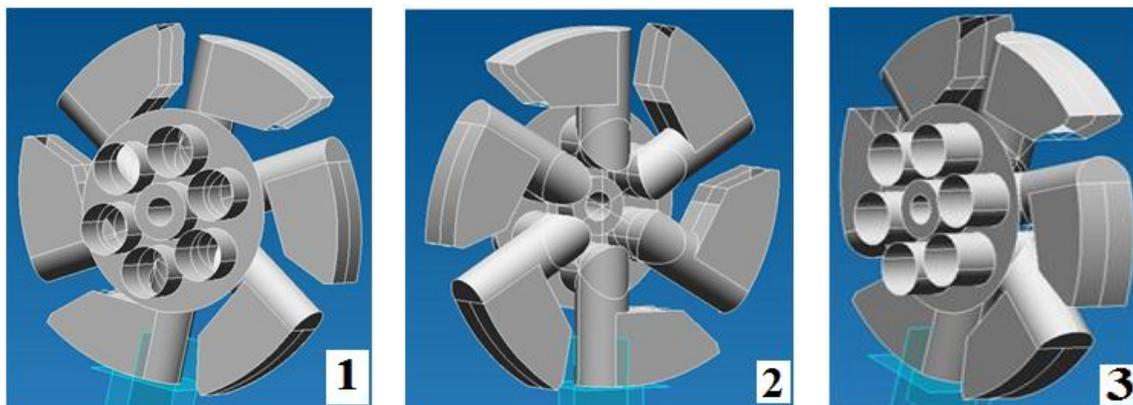


Рисунок 2. Проектируемый дозирующий диск:
1 - вид сзади; 2 – вид спереди; 3 – вид сбоку

На рисунках (рис. 3) наглядно представлено, чем отличается геометрия черпаков двух вариантов друг от друга. За основу форму первого черпака, вариант 1, взяли из патентов «Дозатор для жидкости» [13] и «Черпаковый дозатор» [14]. Геометрическая форма второго черпака была выбрана такой, чтобы погрешность дозирования была минимальной.

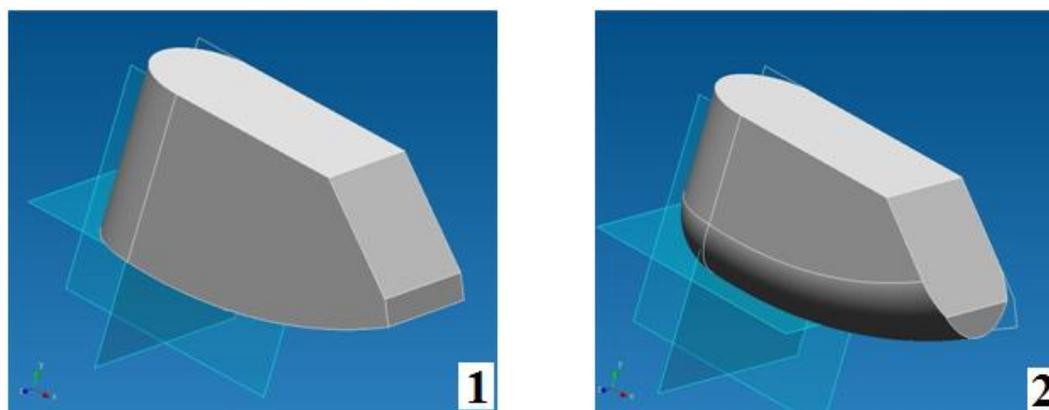


Рисунок 3. Модели черпака: 1 вариант; 2 вариант

По спроектированным моделям разработали чертежи экспериментального стенда, который позволил проводить исследования в областях: гидромеханики течения вязких жидкостей по наклонной плоскости под действием силы тяжести; течения разнообразных жидких ингредиентов на отдельных этапах дозирования черпаковым дозатором; доказать влияние геометрии рабочих органов дозатора – черпаков на точность дозирования разнообразных ингредиентов.

Процесс отмеривания дозы происходит не мгновенно, а в течение определенного промежутка времени, за который через входное сечение черпака зачерпывается жидкость. Этот отрезок ограничен действием механизма движения черпака от соприкосновения с жидким ингредиентом до полного отделения отмеренной дозы.

Для гибкого описания областей сложной геометрии широкое применение находит метод конечных объемов. Проведя данные расчеты на прикладной программе АРМ WinMachine полученные результаты характеристик точности дозирования зависящих от геометрии черпаков двух представленных моделей (рис. 4) сравнивали с данными физического эксперимента на экспериментальном стенде. Расхождения незначительные.

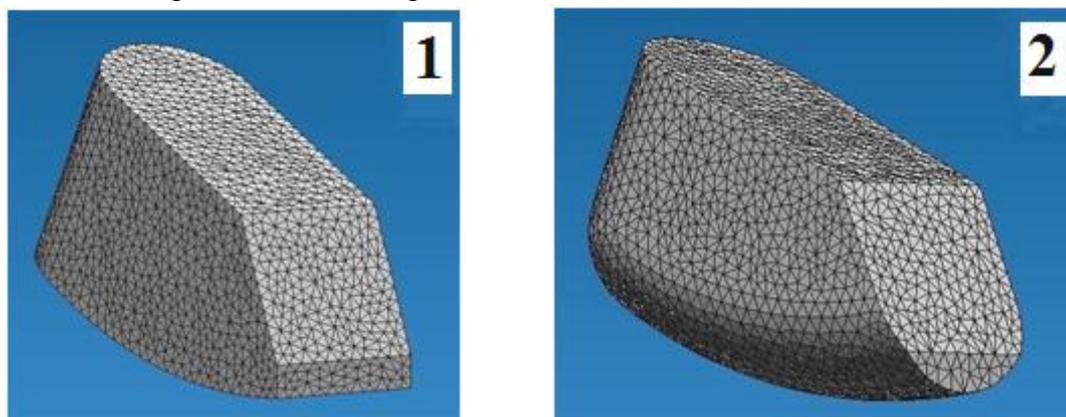


Рисунок 4. Просчет моделей черпака методом конечных объемов:
1 вариант; 2 вариант

Также за время экспериментов было выявлено, что производительность дозатора зависит от следующих величин: количества черпачков на диске; номинального объема (дозы) черпачка и угловой скорости вращения диска. Все теоретические оценки параметров точности дозирования жидких ингредиентов черпаковым дозатором, описаны в работах [15, 16].

Результаты указанных исследований свидетельствуют о том, что точность дозирования черпаковым дозатором непосредственно зависит от режима течения ингредиентов, который в свою очередь связан с важнейшими реологическими показателями. Точность при одном и том же времени дозирования увеличивается для менее вязких и более тяжелых жидкостей.

Эксперимент проводился по плану факторного эксперимента, где в качестве варьируемых параметров выбиралась плотность и температура различных ингредиентов.

Литература:

1. Зайченко В.Ф., Литвинов В.И. Оборудование для рецептурного дозирования жидких и сыпучих компонентов // Хлебопечение России. 2003. №6. С. 26-29.
2. Громцев А.С., Бизин К.В. Реализация современных требований к дозирующим устройствам на аппарате черпакового типа // Сборник научных студенческих трудов. СПб.: СПбГУНиПТ, 2005.
3. Зильберштейн Г.Д., Бондарук В.С., Полторак М.И. Дозировочная станция непрерывного действия для жидких компонентов Б8-ХДН // Хлебо-печение России. 1998. №5.
4. Чернов М.Е. Оборудование предприятий макаронной промышленности. М.: Агропромиздат, 1988. 263 с.
5. Влияние плотности жидких ингредиентов на точность дозатора черпакового типа / Громцев А.С. [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2006. №2. С. 17-20.
6. Разработка математической модели точности дозирования ингредиентов / Пеленко В.В. [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2006. №1. С. 26-34.
7. Андреев А.Н. Течение неньютоновской жидкости в шнековом прессе // Научный

- журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. №1. С. 2.
8. Галин Н.М. Технологическое оборудование хлебопекарного производства. Практикум: лабораторные работы и практические занятия. Уфа: БГАУ, 2009. 128 с.
 9. К оптимизации геометрии червячного нагнетателя / Арет В.А. [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2007. №2. С. 23-24.
 10. Влияние закругления трубы на движение неньютоновской жидкости / Арет В.А. [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. №2. С. 5.
 11. Арет В.А., Васильев Д.А. Влияние геометрических и кинематических параметров на объемную производительность червячного нагнетателя // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2008. №1. С. 1-4.
 12. Иванова А.С., Алексеев Г.В. Моделирование процесса натекания неньютоновской жидкости на жесткую преграду // Вестник Международной академии холода. 2012. №1. С. 34-35.
 13. Дозатор жидкости: патент 316938 СССР: G01F13/00/ Благодатный В.М. [и др.]. 1970. Бюл. №10.
 14. Черпаковый дозатор: патент 1204940 СССР / Морозов Г.С., Корепанов В.Г.; заявл. 14.06.89, опубл.30.11.91, Бюл. №44.
 15. Разработка математической модели точности дозирования ингредиентов / Пеленко В.В. [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2006. №1. С. 9-17.
 16. Алексеев Г.В., Громцев А.С. Оценка изменения точности дозирования черпаковым дозатором при учете волнообразования // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. 2007. №2. С. 15-18.

References:

1. Zaichenko V.F., Litvinov V.I. *Equipment for prescription dosing of liquid and dry ingredients // Bakery in Russia. 2003. №6. P. 26-29.*
2. Gromtsev A.S., Bizin K.V. *Implementation of modern requirements for dosing devices in a scoop type apparatus // Collection of student works. SPb.: SPbSUNPT 2005.*
3. Silberstein G.D., Bondaruk V.S., Poltorak M.I. *Dosing station for G8-CRF continuous liquid components // Bakery in Russia. 1998. №5.*
4. Chernov M.E. *Equipment of pasta industry companies. M.: Agropromizdat, 1988. 263 p.*
5. *Effect of the density of liquid ingredients on the accuracy of scoop type metering / Gromtsev A.S. [Et al.] // Scientific Journal of ITMO. Series Processes and equipment for food production. 2006. №2. P. 17-20.*
6. *Development of a mathematical model of precision of batching of ingredients / Pelenko V.V. [Et al.] // Scientific Journal of ITMO. Series Processes and equipment for food production. 2006. №1. P. 26-34.*
7. Andreev A.N. *The flow of non-Newtonian fluid in a screw press // Scientific Journal of ITMO. Series Processes and equipment for food production. 2013. №1. P. 2.*
8. Galin N.M. *Technological equipment for bakery production. Workbook: laboratory works and practical exercises. Ufa: BSAU, 2009. 128 p.*
9. *On the optimization of the geometry of the worm supercharger / Aret V.A. [Et al.] // Scientific Journal of ITMO. Series Processes and equipment for food production. 2007. №2. P. 23-24.*
10. *Effect of the pipe curvature on the non-Newtonian fluid flow/ Aret V.A. [Et al.] // Scientific Journal of ITMO. Series Processes and equipment for food production. 2012. №2. P. 5.*

11. Aret V.A., Vasilyev D.A. *Influence of geometric and kinematic parameters on the volumetric efficiency of screw blower* // *Scientific Journal of ITMO. Series Processes and equipment for food production*. 2008. №1. P. 1-4.

12. Ivanova A.S., Alexeev G.V. *Modelling of a process of non-Newtonian fluid leakage to a rigid barrier* // *Herald of the International Academy of Refrigeration*. 2012. №1. P. 34-35.

13. *The fluid dispenser: USSR Patent 316 938: G01F13 / 00 / Blagodatny V.M. [and oth.]*. 1970. Bull. Number 10.

14. *A scoop dispenser: patent 1204940 of the USSR / G.S. Morozov, V.G. Korepanov.; appl. 06.14.89, opubl.30.11.91, Bul. Number 44*.

15. *Development of a mathematical model of precision of ingredients dosing/ Pelenko V.V. [Et al.]* // *Scientific Journal of ITMO. Series Processes and equipment for food production*. 2006. №1. P. 9-17.

16. Alexeev G.V., Gromtsev A.S. *Assessment of changes in the dosing accuracy when using scoop dosing accounting for wave formation*//*Scientific Journal of ITMO. Series Processes and equipment for food production*. 2007. №2. P. 15-18.