

**Универсальные дозаторы для малых предприятий пищевой промышленности****Чжао Вэнь**, wenfly2015@yandex.ruканд. техн. наук **М.В. Жавнер**, milanaj@mail.ruд-р техн. наук **В.Л. Жавнер**, vzhavner@outlook.com*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул. 29/1*

Исследовали мехатронные системы дозирования сыпучих продуктов для малых предприятий пищевой промышленности. Использовали методы анализа и синтеза технических требований к погрешности дозирования, производительности с позиций уменьшения номенклатуры дозаторов для малых предприятий пищевой промышленности. Использовали результаты экспериментальных исследований дозаторов с малыми дозами. Разработана техническая идеология, которая состоит в том, что все номинальные массы от 5 до 1000 г, разбиты на два диапазона: 5–100 и 100–1000 г. Доказано, что при использовании принципа многократного фасования в одну упаковку нескольких доз обеспечиваются требования к величине допускаемых отрицательных отклонений к номинальной массе. Предложены конструкции объемных дозаторов для каждого диапазона с регулируемой минимальной единичной массой. Для каждого диапазона предложена своя концепция построения дозатора, с мерным объемом в виде прямоугольного параллелепипеда с изменяемой конфигурацией, для получения требуемого единичного объема. В одном случае это плунжерный дозатор с поперечным шибером, установленным в питателе, в другом – шиберный дозатор с ползуном в мерном объеме шибера. В каждом дозаторе имеется два загрузочных отверстия и два регулируемых мерных объема, что исключает холостые перемещения и увеличивает производительность. Для перемещения плунжера или шибера используется однотипный пружинный привод с системой управления, позволяющей не только изменять количество доз, но и увеличивать быстродействие. Данный привод обеспечивает законы движения с минимальными посадочными скоростями. Даны рекомендации по выбору минимальных единичных объемов и количеству доз, обеспечивающих более высокую производительность. Данный подход может быть использован при разбивке выбранного ряда масс на другое количество диапазонов, например, на три.

**Ключевые слова:** управление машинами и аппаратами; малое предприятие; универсальные дозаторы; многократное дозирование; производительность; погрешность; привод; объемный дозатор.

DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-2-19-26

**Universal dispensers for small businesses in the food industry****Zhao Wen**, wenfly2015@yandex.ruPh. D. **Milana V. Zhavner**, milanaj@mail.ruD. Sc. **Viktor L. Zhavner**, vzhavner@outlook.com*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
29/1, Polytechnic str., St. Petersburg, 195251, Russia*

The work is connected with the study of mechatronic dosing systems for loose products for small enterprises of the food industry. The methods of analysis and synthesis of technical requirements for batching error and performance from the standpoint of reducing the range of dispensers for small enterprises of the food industry are used. The results of experimental studies of dispensers with small doses are used. As a result of research, a technical ideology has been developed, which consists in the fact that all nominal masses from 5 to 1000g are divided into two ranges: 5–100g and 100–1000g. It is proved that using the principle of multiple packaging in one package of multiple doses, the requirements for the value of permissible negative deviations to the nominal mass are met. The design of volumetric doser for each range with adjustable minimum unit mass is proposed. For each range, their own concept of building a batcher with measuring volume in the form of a rectangular parallelepiped with a variable configuration is proposed to obtain the required unit volume. In one case it is a plunger dispenser with a transverse gate mounted in the feeder, in another – it is a slide gate dispenser with a slide in the measured volume of the gate. Each dispenser has two loading openings and two adjustable volumetric volumes, which eliminates idle movements and increases productivity. To move the plunger or gate a single-type spring drive is used with a control system that allows not only to change the number of doses, but also to increase the speed. This drive provides the laws of motion with minimal landing speeds. Recommendations on the choice of the minimum unit volumes and the number of doses that provide

**higher performance are given. This approach can be used when splitting the selected mass range into another number of ranges, for example, into three.**

**Keywords:** machine and apparatus control; small business; universal batcher; multiple batching; productivity; error of batching; drive unit; volumetric batcher.

## Введение

Темой исследования являются объемные дозаторы пищевых сыпучих продуктов. Анализ рынка фасовочно-упаковочного оборудования показывает, что чаще всего применяется два вида систем дозирования: весовое и объемное.

При весовом дозировании можно получить любое значение номинальной массы в пределах от 0,05 до 2 кг с помощью одного дозатора, обеспечивая погрешность дозирования в соответствии со стандартом (ГОСТ Р.8.579-2001 «Требования к количеству фасованных товаров упаковках любого вида при их производстве, расфасовке, продаже и импорте»).

При объемном способе дозирования, как правило, весь диапазон масс от 0,05 до 2 кг разбивается на несколько диапазонов. Например, китайская компания Hualian для сыпучих продуктов имеет линейку из 7 дозаторов со следующими диапазонами изменения объемов: 0,005–0,04 л; 0,03–0,15 л; 0,02–0,5 л; 0,05–0,2 л; 0,05–1 л; 0,25–0,5 л; 0,5–1 л, что соответствует диапазоном изменения масс в соответствии со стандартом [1–3]. Ввиду достаточно большого ассортимента сыпучих продуктов в дозаторах для объемного дозирования принято указывать пределы дозирования в л, или мл. Для каждого диапазона масс стандартом установлены требования к допускаемому отрицательному отклонению  $T$ , то есть погрешность дозирования.

Гранулометрические характеристики сыпучих продуктов не постоянны и имеют достаточно широкий разброс численных значений. В связи с этим характеристики мерных объемов назначаются в мл или л, а контролируется масса доз в граммах.

Для малых предприятий целесообразно иметь в производстве меньшее количество дозаторов, что уменьшает затраты оборудования [4–6].

Целью работы является уменьшение количества дозаторов объемного дозирования при одновременном обеспечении требований к погрешности дозирования любой номинальной дозы и всего диапазона масс от 0,05 до 1 кг. Задачи данной работы является разработка рекомендаций по выбору минимального числа дозаторов.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в обосновании принципов многократного последовательного дозирования единичных доз в одну потребительскую тару. В работе [7] показана система при комбинационном дозировании, когда из нескольких доз разных дозаторов, удается получить дозу с требуемым допускаемым отклонением  $T$ . Однако при комбинационном дозировании увеличивается количество дозаторов, что повышает стоимость оборудования. В работе [8] показано, что возможно многократное дозирование одного единичного объема в одну тару. В связи с этим остались нерешенными следующие проблемы:

- ✓ отсутствуют рекомендации по рациональному выбору числа дозаторов с учетом обеспечения допускаемых отрицательных отклонений  $T$ ;
- ✓ отсутствуют рекомендации по регулированию объема минимальной дозы;
- ✓ не обоснованы требования к допускаемым отклонениям минимальной единичной дозы для выбранного диапазона.

При разработке дозаторов была принята следующая техническая идеология:

- все номинальные массы сыпучих продуктов разбиты на три диапазона: 1 – масса единичной упаковки меньше 5 г; 2 – масса единичной упаковки лежит в пределах от 5 до 100 г; 3 – масса единичной упаковки лежит в пределах 100–1000 г;
- в каждом диапазоне применяется только один дозатор с регулируемым минимальным единичным объемом. Диапазон регулирования, как правило, больше двух;
- получение требуемого значения номинальной дозы обеспечивается многократным дозированием;
- максимально число кратных доз принято равным 20.

Разработка новых видов объемных дозаторов сыпучих продуктов актуальна для малых предприятий пищевой промышленности, которые позволяют уменьшить затраты на оборудование и снизить производственные издержки.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются объемные дозаторы для сыпучих продуктов. Методы исследования основаны на анализе требований к техническим характеристикам объемных дозаторов с последующим синтезом, обеспечивающим решение поставленных в работе задач.

В экспериментах использовали биологическую активную добавку «Зостерин», производства фирма «Аквамир» [9], и лабораторные весы «Сартогосм». Весы соответствуют требованиям ГОСТ 24104–2001 и ГОСТ 24104–1988. Цена деления 0,01 грамм.

Основными характеристиками объемных дозаторов являются объем дозы, пределы изменения объема дозы, погрешность дозирования и производительность. В работе массы до 1000 г разбиты на два диапазона: от 5 до 100 г; от 100 до 1000 г.

Установлено, что если объемный дозатор с минимальной дозой из этих диапазонов имеет отклонение  $T$ , равное допускаемому, то при многократном дозировании, отклонение номинальной массы определяется из зависимости

$$T_N = \sqrt{N} \cdot T,$$

где  $N$  – число доз, обеспечивающих требуемое номинальное значение массы.

На рисунке 1 представлены графики изменения расчетных отклонений номинальных масс, полученных многократным последовательным дозированием в одну упаковочную единицу, для диапазона масс от 5 до 100 г [10–12]. Из графиков видно, что при многократном дозировании расчетные отклонения меньше допускаемых отрицательных отклонений по ГОСТ Р 8.579–2001.

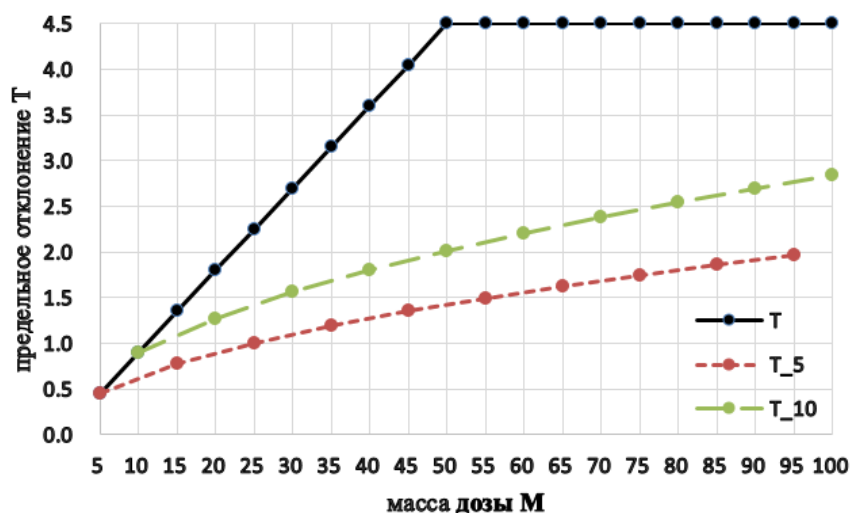


Рисунок 1 – Графики изменения расчетных отрицательных отклонений  $T$  номинальной массы, полученной многократным последовательным дозированием от 5 до 100 г

Figure 1. The changes of design negative deviations to  $T$  nominal mass obtained by multiple series packaging from 5 to 100 g

На рисунке 1 представлены графики изменения расчетных отрицательных отклонений номинальных доз в пределах от 5 до 100 г, полученных многократным последовательным дозированием единичных масс в 5 и 10 г. В этом диапазоне номинальных масс многократное дозирование обеспечивает всегда меньшее значение отрицательного отклонения, чем допускается стандартом. Предлагается для этого диапазона иметь один дозатор с регулируемым объемом с пределом регулирования более двух.

На рисунке 2 представлены графики изменения расчетных допускаемых отрицательных отклонений номинальных масс в пределах 100–1000 г.

Для анализа погрешности дозирования выбраны дозы в 100, 125 и 150 г. Для получения дозы в 1000 г при минимальной дозе в 100 г производится десятикратное дозирование. При настройке дозатора на дозу в 125 г, получаем 7 доз с шагом 125 г, в которых обеспечивается допускаемое отрицательное отклонение.

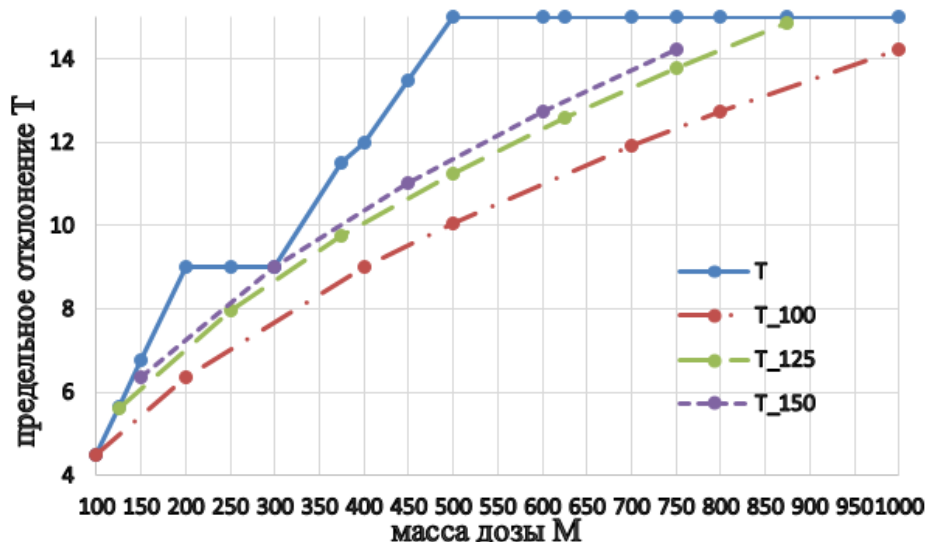


Рисунок 2 – Графики изменения расчетных отрицательных отклонений номинальной массы, полученной многократным последовательным дозированием от 100 до 1000 г  
 Figure 2. The changes of design negative deviations to T nominal mass obtained by multiple series packaging from 100 to 1000 g

На рисунке 3 представлен закрытый мерный объем образованный стенками шибера, перемещаемого в продольном направлении и ползуна, перемещаемого в поперечном направлении.

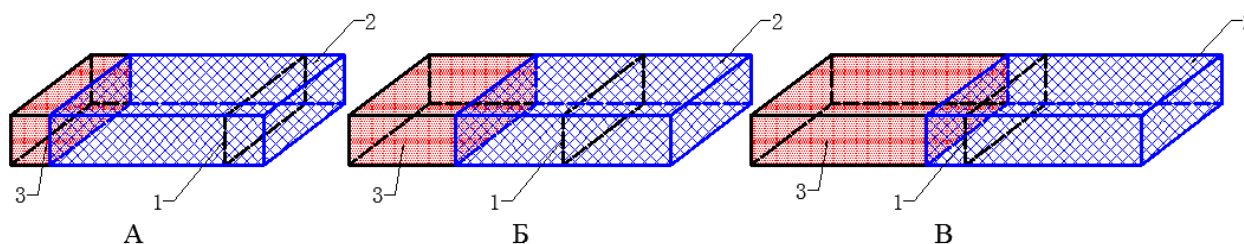


Рисунок 3 – Изменение минимальной дозы в дозаторе для многократного дозирования в диапазоне масс 5–100 г:  
 А – получение минимального мерного объема; Б – мерный объем, полученный при среднем положении ползуна;  
 В – максимальное значение мерного объема: 1 – мерный объем дозатора; 2 – ползун; 3 – сыпучие продукты  
 Figure 3. The changes of minimal dose in a dispenser for multiple packaging in the mass ranges of 5–100 g:  
 А – minimum measuring volume; Б – measuring volume obtained at the intermediate position of slide; В – maximum measuring volume:  
 1 – dispenser measuring volume, 2 – slide, 3 – loose products

Для диапазона от 5 до 100 г мерный объем имеет размеры 40 x 80 x 20 мм и максимальный мерный объем равен 64 мл, а минимальный объем 5 мл.

На рисунке 4 представлен принцип изменения мерного объема с помощью регулировочного шибера, перемещаемого вдоль длинной стороны мерного объема. Такой способ изменения дозы принят для диапазона масс от 100 до 1000 г. Причем максимальное значение объема должно для большинства продуктов обеспечить дозу массой, превышающей 160 г, для обеспечения допустимых отклонений T.

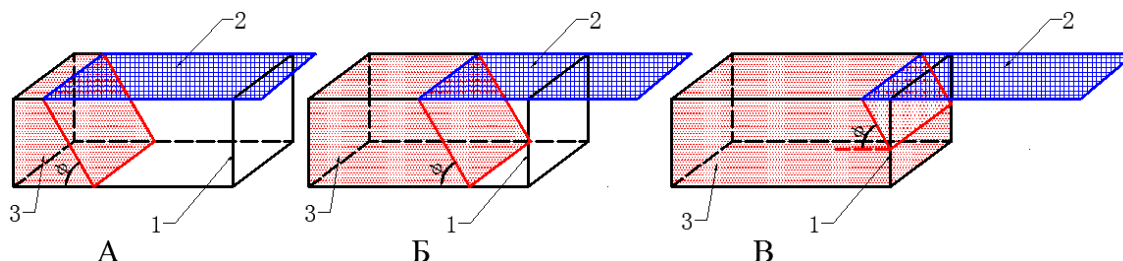


Рисунок 4 – Изменение минимальной дозы в дозаторе для многократного дозирования в диапазоне масс 100–1000 г:  
 А – получение минимального мерного объема; Б – мерный объем, полученный при среднем положении шибера;  
 В – максимальное значение мерного объема: 1 – мерный объем дозатора; 2 – шибер для регулирования дозы; 3 – сыпучие продукты; φ – угол естественного откоса сыпучих продуктов

Figure 4. The changes of minimal dose in a dispenser for multiple packaging in the mass ranges of 100–1000 g:  
 А – minimum measuring volume; Б – measuring volume obtained at the intermediate position of slide; В – maximum measuring volume: 1 – dispenser measuring volume; 2 – slide for dosage adjustment; 3 – loose products; φ – the angle of natural response for loose products

На рисунке 4 показано начальное положение шибера, смещенного на какую-то предварительную величину. Это вызвано разбросом удельной плотности сыпучих продуктов даже одного и того же вида. Например, насыпная плотность соли меняется в пределах 20%. Из рисунка видно, что при одном и том же положении шибера, величина дозы зависит от угла естественного откоса продукта  $\phi$ . В разработанном дозаторе для этого диапазона мерный объем имеет максимальное значение 234 мл, образованный прямоугольным параллелепипедом с размерами 40 x 90 x 65 мм. При выдвигении шибера на 45 мм и при угле естественного откоса  $\phi = 45^\circ$ , объем дозы равен 202 мл, а при выдвигении шибера на 80 мм объем дозы равен 123,5 мл.

В первой конфигурации шибер находится в крайнем правом положении и мерный объем полностью открыт, что обеспечивает максимальную дозу. В среднем положении шибера объем дозы, при угле естественного откоса дозируемого продукта равном  $45^\circ$ , составит 121 мл, а при угле в  $30^\circ$  – 138 мл. В крайнем левом положении шибера при открытом отверстии шириной 10 мм минимальный мерный объем при  $\phi = 45^\circ$  равен 96 мл, а при  $\phi = 30^\circ$  равен 142 мл. Учитывая то, что программное обеспечение позволяет последовательно дозировать до 20 доз в одну потребительскую тару то, диапазон номинальных объемов лежит в диапазоне от 96 до 4320 мл при  $\phi = 45^\circ$  и в диапазоне от 142 до 4320 мл при  $\phi = 30^\circ$ .

На рисунке 5 изображена схема объемного дозатора.

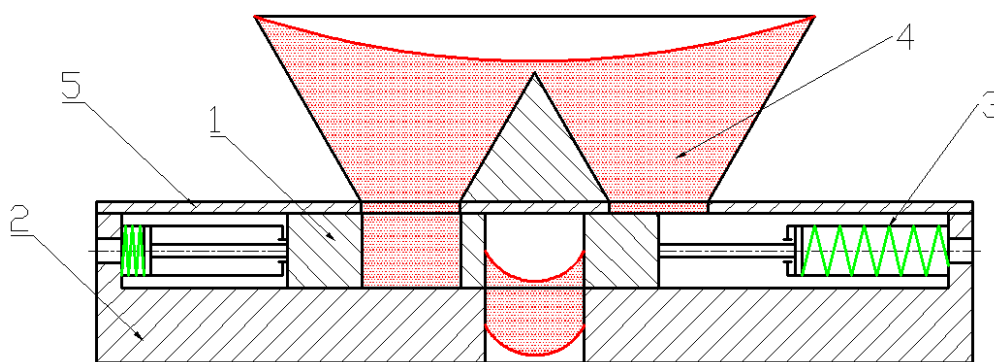


Рисунок 5 – Схема объемного дозатора:

1 – плунжер; 2, 5 – корпус; 3 – пневматический цилиндр с пружиной в поршневой полости; 4 – бункер

Figure 5 – Volumetric doser:

1 – plunger; 2, 5 – housing; 3 – pneumatic cylinder with a spring at the head end; 4 – batcher

На рисунке 6 представлена схема пневматического привода дозатора с многократным дозированием для получения заданной дозы.

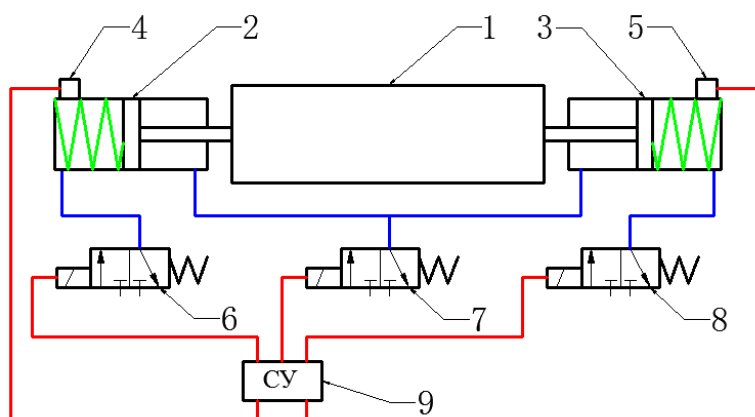


Рисунок 6 – Схема пневматического привода дозатора с многократным дозированием для получения заданной дозы:

1 – плунжер дозатора; 2, 3 – пневматические цилиндры с возвратными пружинами; 4, 5 – датчики положения;

6, 7, 8 – электромагнитные распределители 3/2; 9 – система упражнения

Figure 6. Pneumatic drive for a doser for multiple packaging:

1 – doser plunger; 2, 3 – pneumatic cylinders with return springs; 4, 5 – position sensors; 6, 7, 8 – electromagnetic distributors 3/2; 9 – exercise system

Привод дозатора выполнен с использованием двух пневматических цилиндров с возвратными пружинами, расположенными с двух сторон от мерных объемов. Он является колебательной системой с управляемым выстоем [6, 13], и время перемещения мерного объема определяется из выражения

$$T = \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{2c}},$$

где  $m$  – масса плунжера или шибера,  
 $c$  – жесткость пружины.

Для всех типов дозаторов использованы пневматические цилиндры с возвратными пружинами итальянской фирмы ПНЕВМАКС и диаметром поршня 16 мм,  $c = 270$  Н/м (для масс с дозами от 0,5–5 г) и ходом штока 50 мм для остальных номинальных масс.

Для дозаторов в диапазоне от 5 до 100 г можно принять расчетное значение массы шибера равными 1,6 кг (шибер выполнен из фторопласта). Расчетное время перемещения шибера составляет 0,18 с. Для дозаторов в диапазоне от 100 до 1000 г, значение массы плунжера равными 3,6 кг (плунжер выполнен из фторопласта). А расчетное время перемещения плунжера для этого диапазона номинальных масс  $t = 0,26$  с.

Разработанный мехатронный пружинный привод с рекуперацией энергии обеспечивает высокое быстродействие с плавным разгоном и торможением. Система управления обеспечивает компенсацию диссипативных потерь и технологические паузы в крайних положениях. Отсутствуют холостые ходы. В пневматическом приводе использованы три пневматических распределителя 3/2. Пневматический распределитель 6, 7, 8 включается при выполнении санитарно-гигиенической обработке дозатора, при его включении давление подается одновременно в штоковые полости пневматических цилиндров и освобождается плунжер или шибер. Система управления обеспечивает заданное количество минимальных доз, фасуемых в один пакет, компенсацию диссипативных потерь и управляемый выстой, связанный, например, с выводом заполненной тары из дозатора.

Получение требуемой номинальной дозы обеспечивается последовательным многократным фасованием в потребительскую тару минимальной единичной дозы.

Производительность дозатора определяется временем перемещения мерного объема с позиции загрузки на позицию разгрузки, временем загрузки и опорожнения количеством доз для получения номинальной массы [14, 15].

Теоретическая максимальная производительность дозатора при однократном дозировании минимальных доз при массе плунжера в 3,6 кг равна 130 дозам в минуту.

Необходимое количество цикла дозирования заданной номинальной массы дозы  $m$  равно

$$N_{\phi} \geq \frac{m}{m_{max}},$$

где  $m$  – номинальная масса дозы,

$m_{max}$  – максимальное значение единичной дозы, получаемое при настройке дозатора,

$N_{\phi}$  – фактическое значение количества циклов дозирования, взятое из ряда простых чисел от 2 до 20.

Таким образом, минимальное значение массы дозы определяется из выражения

$$m_{min} = \frac{m_{max}}{N_{\phi}}.$$

Производительность фактического дозирования определяется из выражения

$$n = \frac{60}{t_{ц} \cdot N_{\phi}},$$

где  $t_{ц}$  – время цикла дозирования.

Окончание процесса фасования происходит по сигналу датчика, точнее, при последовательном фасовании начало дозирования происходит по сигналу с датчика о попадании продукта в тару и этот же сигнал включает привод протягивания упаковочного материала после последней программной дозы.

В таблице представлены значения единичных масс и номинальные массы, которые могут быть получены многократным дозированием в одну упаковку для этого диапазона. Во второй строке указаны предельные допускаемые отклонения по ГОСТ и в третьей строке указаны предельные отрицательные отклонения, которые могут быть получены при многократном дозировании единичных доз.

Таблица. Значения единичных масс и номинальные массы  
 Table. Single and nominal masses

М	100	200	300	400	500	150	300	450	600	750
Тд	4,5	9	9	12	15	4,5	9	13,5	15	15
Тр	4,5	6,37	7,8	9	10	4,5	6,37	7,8	9	10
М	200	400	600	800	1000	300	600	900	1200	1500
Тд	9	9	15	15	15	9	15	15	18	22,5
Тр	6,37	8,98	11	12,7	14,8	8,66	12,3	15	18	19,4

Следует отметить, что только у единичных масс в 200 и 300 г, требования к погрешности дозирования более жесткие, чем стандартные. При обеспечении требуемой расчетной погрешности дозирования для этих двух единичных масс, закрывается весь диапазон номинальных масс от 100 до 1000 г с использованием только четырех дозаторов с указанными единичными массами. Сразу же отметим, что при многократном получении номинальной дозы, в большинстве случаев, обеспечивается выполнение требований по количеству двух процентов упаковок в партии проверяемых товаров, в которых предельные отрицательные отклонения превышают допускаемые. Это видно из рисунка 1, где расчетные значения погрешностей для номинальных масс в большинстве случаев значительно меньше допускаемых по стандарту.

В экспериментах дозировали в один пакет 0,5; 1,0 и 1,5 г при производительности 114 двойных пакетов в минуту. Показано, что при увеличении размеров можно получить номинальную массу в пределах 2–6 г, при производительности 60 двойных пакетов в минуту.

### Заключение

1. Целесообразно разделить весь диапазон масс сыпучих продуктов на два диапазона, что позволит иметь только по одному дозатору для фасования в каждом диапазоне, если использовать дозаторы, в которых начальные единичные массы имеют диапазон регулирования более двух.
2. Разработанное программное обеспечение мехатронных систем дозирования, обеспечивает режимы работы для получения номинальной массы многократным последовательным дозированием единичных масс в одну тару.
3. Установлены допускаемые максимальные отклонения минимальных единичных масс, обеспечивающие выполнение требований стандарта к погрешности дозирования номинальных масс, полученных многократным дозированием.
4. Предложенные рекомендации позволят производителям фасовочно-упаковочного оборудования выпускать, а потребителям иметь минимальный набор мехатронных систем объемного дозирования.

### Литература

1. Cao Ping. Inaccurate Quantitative Packaged Goods – Error Analysis in Quantitative Packaged Goods. *Chinese dimension*. 2011. pp. 32–33.
2. Yu Chunguang, Zhou Yanli. Quantitative measurement of the control of the contents of the net packaging. *New technologies and new products in China*. 25.02.2010. P. 133.
3. Чэнь Сюе, Вэй Син. Разработка конструкции вертикальной и горизонтальной герметизации сыпучих продуктов // Автоматизация производства. 2014. № 12. С. 66–68.
4. Батырь Ф.И., Саламандра Б.Л. Исследование дозатора "Direct filling" с сенсорным управлением // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2017. № 1. С. 80–87.
5. Корендяев Г.К., Саламандра Б.Л., Саламандра К.Б., Тывес Л.И. Задачи и решения при разработке упаковочных автоматических линий типа Form – fill – seal. Ч. 2. Решения задачи сборки на упаковочной автоматической линии // Приводы и компоненты машин. 2013. № 1. С. 5–9.
6. Жавнер В.Л., Синеокова И.А. Системы дозирования сыпучих продуктов массой до 5 грамм // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Экономика. Право. Управление. 2012. № 1. С. 147– 153.
7. Григорьян С.Г., Дегтярева А.Н. Имитационное моделирование процесса комбинационного дозирования // Новая наука: техника и технологии: сб. тр. Уфа: АМИ, 2017. С. 42–44.
8. Жавнер В.Л., Чжао Вэнь. Дозирование сыпучих продуктов малыми дозами массой 0,2–5 грамм // Вестник международной академии холода. 2018. № 2. С. 34–41.

9. Юрьева И.Н., Вдовина Г.П. Разработка состав и технологии порошков для приготовления суспензии для приема внутрь препарата кальция и изучение стабильности // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
10. Чжао Вэнь, Жавнер В.Л. Обеспечение требований стандартов к количеству фасованной продукции в потребительской таре // Неделя науки в СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Ч. 2. СПб., Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 17–20.
11. Чжао Вэнь, Жавнер В.Л. Исследование мехатронной системы дозирования сыпучих продуктов малыми дозами // Современное машиностроение. Наука и образование. 2018. № 7. С. 410–419.
12. Саламандра Б.Л., Тывес Л.И., Саламандра К.Б., Корендясев Г.К. Direct filling – технология порционного дозирования вязких продуктов от напорного продуктопровода // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2013. № 6. С. 71–78.
13. Жавнер В.Л., Чжао Вэнь. Мехатронная система дозирования сыпучих продуктов малыми дозами // Материалы 6-й МНПК «Современное машиностроение: наука и образование» (Санкт-Петербург, 22–23 июня 2017 г.). СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 462–470.
14. Anne Emblem, Henry Emblem (Eds). *Packaging technology. Fundamentals, materials and processes*. Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delh: Woodhead Publishing Ltd., 2012. 595 p.
15. Ханлон Дж.Ф., Келси Р.Дж., Форсинио Х.Е. Упаковка и тара: проектирование, технология, применение. СПб.: Профессия, 2006. 629 с.

### **References**

1. Cao Ping. Inaccurate Quantitative Packaged Goods – Error Analysis in Quantitative Packaged Goods. *Chinese dimension*. 2011. pp. 32–33.
2. Yu Chunguang, Zhou Yanli. Quantitative measurement of the control of the contents of the net packaging. *New technologies and new products in China*. 25.02.2010. P. 133.
3. Chen Xuei, Wei Xing. Design of vertical and horizontal sealing of bulk products. *Automation of Production*. 2014, no. 12, pp. 66–68.
4. Batir F.I., Salamandra B.L., Investigation of the "Direct filling" dispenser with touch control. *Problems of Mechanical Engineering and Machine Reliability*. 2017, no. 1, pp. 80–87.
5. Korendyasev G.K., Salamandra B.L., Salamandra K.B., Tyves L.I. Problems and solutions in the development of automatic packaging lines of the Form-fill-seal type. Part 2. The assembly task solution on an automatic packaging line. *Machine Drives and Parts*. 2013, no. 1, pp. 5–9.
6. Zhavner V.L., Sineokova I.A. Dosing systems for loose solids weighing up to 5 grams. *Bulletin of Pskov State University. Series: Economy. Right. Control*. 2012, no. 1, pp. 147–153.
7. Grigorian S.G., Degtyareva A.N. Simulation modeling of the process of combination dosing. *New Science: Equipment and Technologies*. Collection of works. Ufa, AMI Publ., 2017, pp. 42–44.
8. Zhavner V.L., Zhao Wen, Batching loose solids in small doses weighing 0.2–5 grams. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2018, no.2, pp. 34–41.
9. Yurieva I.N., Vdovina G.P., Development of the composition and technology of powders for the preparation of a suspension for the intake of the calcium mediator and the study of stability. *Modern Problems of Science and Education*. , 2014, no. 5.
10. Zhao Wen, Zhavner V.L. Ensuring the requirements of standards for the number of packaged products in the consumer package. *Week of science at the Polytechnical University*. Proceedings of the conference. Part 2. St. Petersburg, Polytechnic university Publ., 2017, pp. 17–20.
11. Zhavner V.L., Chzhao Ven. Issledovaniye mekhatronnoy sistemy dozirovaniya syupuchikh produktov malymi dozami. *Modern Mechanical Engineering: Science and Education*. 2018, no. 7, pp. 410–419.
12. Salamandra B.L., Tyves L.I., Salamandra K.B., Korendyasev G.K. Direct filling – technology for batch dosing of viscous products from a pressure pipe product. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2013, no. 6, pp. 71–78.
13. Zhavner V.L., Zhao Wen. Mechatronic system for dispensing loose products in small doses. *Modern mechanical engineering: science and education*. 2017, pp. 462–470.
14. Anne Emblem, Henry Emblem (Eds). *Packaging technology. Fundamentals, materials and processes*. Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delh: Woodhead Publishing Ltd., 2012. 595 p.
15. Hanlon Joseph F., Kelsey Robert J., Forcinio Hallie E. *Handbook of package engineering*. St. Petersburg, Profession Publ., 2003. 632 p.

Статья поступила в редакцию 19.04.2019