

УДК 621.01

Дозирование сыпучих продуктов малыми дозами массой 0,2–5 грамм

Д-р техн. наук В. Л. ЖАВНЕР¹, ЧЖАО ВЭНЬ²

¹vjavner@outlook.com, ²wenfly2015@yandex.ru

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Фасование сыпучих продуктов малыми дозами в настоящее время применяется на предприятиях фармацевтической, пищевой и химической промышленности. Разработка новых видов фасовочно-упаковочного оборудования для этих задач особенно актуальна для малых предприятий, которые занимают все большую долю в промышленности развивающихся стран, в том числе для Китая и России. В данной статье приводятся результаты исследования мехатронной системы объемного дозирования сыпучих продуктов малыми дозами. Проанализированы нормативные документы, регламентирующие требования к количеству фасованных товаров в упаковках и решена задача определения допустимых погрешностей при дозировании продуктов малыми дозами. Разработаны рекомендации по настройке дозаторов с высокой погрешностью дозирования, позволяющие, тем не менее, обеспечить выполнение требований нормативных документов к количеству фасованных продуктов в упаковках. Исследована мехатронная система дозирования малыми единичными дозами, позволяющая к тому же дозировать дозы, кратные единичной дозе. Разработано программное обеспечение к системе дозирования по времени, представлены циклограммы работы, позволяющие связать производительность и суммарную массу дозы, кратную единичной массе дозы. Приведены результаты экспериментальных исследований погрешности дозирования разработанной мехатронной системы. Предложено и показано, что при получении требуемой дозы, как суммы единичных доз, всегда обеспечивается выполнение требований ГОСТ Р 8-579-2001 к погрешности дозирования.

Ключевые слова: мехатронная система, упаковка, дозирование, фасование, погрешность дозирования, производительность систем дозирования.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 15.03.2018, принята к печати 24.05.2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-2-34-41

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Жавнер В. Л., Чжао Вэнь. Дозирование сыпучих продуктов малыми дозами массой 0,2–5 грамм // Вестник Международной академии холода. 2018. № 2. С. 34–41.

Dosing of loose products in small doses of 0.2–5 grams

D. Sc. V. L. ZHAVNER¹, ZHAO WEN²

¹vjavner@outlook.com, ²wenfly2015@yandex.ru

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

The packing of loose products in small doses is currently used in the pharmaceutical, food and chemical industries. The development of new types of filling and packaging equipment is relevant for these tasks, and is especially relevant for small enterprises, which are taking an increasing share in the industry of developing countries, including China and Russia. This article presents the results of a study concerning a mechatronic loose dosing system for loose products in small doses. Normative documents regulating the requirements for the number of packaged goods per package and the problem of determining the allowed errors when dosing products in small doses have been analyzed. The recommendations on the adjustment of metering devices with a high dosing error have been developed, which, nevertheless, to ensure that the requirements of normative documents are complied with the number of packaged products in packages. A mechatronic dosing system with small single doses was investigated, which allows dosing to be multiples of a single dose. The software has been developed for the dosing system in time. The cyclograms for the dependences between performance and the total dose weight multiple of a single dose are shown. The results of experimental studies of the dosing errors for the mechatronic system under investigation are demonstrated. It has been proposed and shown that when obtaining a required dose as a sum of single doses the requirements for dosing errors according to R 8-579-2001 State Standard are always met.

Keywords: the quantity of the packaged goods, packaging, dosing, packing, dosing error, productivity of dosing systems.

Article info:

Received 15/03/2018, accepted 24/05/2018
 DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-2-34-41
 Article in Russian

For citation:

Zhavner V. L., Zhao Wen. Dosing of loose products in small doses of 0.2–5 grams. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2018. No 2. p. 34–41.

Введение

В современной научно-технической литературе в незначительной степени уделено внимание исследованию систем дозирования сыпучих продуктов [1–4]. Одновременно, в России и Китае недостаточный интерес проявляется к стандартам по количеству продукта в упаковках [5]. На полках магазинов не встретить упакованной продукции со знаком «Ф» для российских и знаком «С» для китайских товаров. Этот факт не способствует продвижению товаров в другие страны. В тоже время все импортные фасованные продукты имеют маркировку «е», в соответствии с Европейской директивой COUNCIL DIRECTIVE-76–21-EEC¹.

Задачи дозирования сыпучих продуктов малыми дозами обусловлены потребностями пищевой, фармацевтической и химической промышленности [6]. Нормативные документы с требованиями к количеству продуктов в упаковках распространяются на упаковки с номинальной массой 5г и выше. В тоже время имеется много продуктов в указанных отраслях промышленности, которые фасуются в упаковки с массой дозы меньше 5 г [7, 8].

Отметим также, что в отечественной научной и технической литературе вопросы погрешности дозирования практически не рассматриваются, хотя соответствующий ГОСТ Р 8-579-2001 был принят в 2001 г. В западной литературе, посвященной фасовочно-упаковочному оборудованию, эти вопросы освещаются достаточно подробно [9, 10]. В китайской литературе, после принятия в 2004 г. стандарта JJF 1070² появились статьи, посвященные исследованию погрешности систем дозирования для различных видов продуктов [11–16].

В работах [17] рассмотрены вопросы погрешности технологического дозирования трудносыпучих продуктов. В работе [18] для технологического дозирования предложено повышать точность дозирования путем последовательного сложения нескольких доз меньшего объема. Как было отмечено выше, в отечественной научно-технической литературе вообще отсутствуют работы по исследованию погрешности дозирования в потребительскую тару, не считая работ по исследованию погрешности дозирования мультиголовочных дозаторов [2, 6, 19–21].

Цели и задачи исследования

Целью проводимого исследования являлось обоснование допускаемых погрешностей дозирования единичных мерных доз, лежащих в пределах от 0,5 г до 5 г, для обеспечения требований нормативных документов к количеству товара в потребительских упаковках.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи.

Первой задачей данной работы является определение требований к погрешности дозаторов для малых доз, лежащих в пределах 0,2–5 г. Продукт малой массы (меньше 5 г) в единичной упаковке поступает к покупателю в потребительской упаковке, в которой суммарная масса продукта М равна или больше 5г, что и указывается в маркировке. В этом случае, должны соблюдаться требования, указанные в табл. 1. Например, при продаже чая в пакетиках, на потребительской таре указывается суммарная масса нетто и в большинстве случаев отсутствует информация о количестве чая в индивидуальной упаковке.

Таблица 1

Пределы допускаемых отрицательных отклонений нетто от номинального количества по ГОСТ (не более 10 кг)

Table 1

Acceptable net weight error limits according to State Standard (10 kg as a maximum)

Номинальное количество нетто М, г	Предел допускаемых отрицательных отклонений Т			
	% от М	г	% от Q_n	г (мл)
5–50	9	—	9	—
50–100	—	4,5	—	4,5
100–200	4,5	—	4,5	—
200–300	—	9	—	9
300–500	3	—	3	—
500–1000	—	15	—	15

В соответствии с требованиями перечисленных выше нормативных документов, все упаковки должны соответствовать следующим требованиям: среднее содержание упаковки партии товаров должно быть больше или равняться номинальному значению массы, указанному на упаковке. Упаковка, в которой фактическое значение массы $M_{факт} \geq M - T$, считается годной для выпуска в обращение. Если $M_{факт} < M - T$, то упаковка считается бракованной и в партии товара допускается присутствие не более 2% бракованных изделий (2,5% для европей-

1 COUNCIL DIRECTIVE of 20 January 1976 on the approximation of the laws of the Member States relating to the marking-up by weight or by volume of certain prepackaged products (76/211/EEC)
 2 China: JJF 1070–2005 中华人民共和国《国家计量技术规范定量包装商品净含量检验规则》/ 国家质量监督局/2005

ского стандарта). В бракованных упакованных единицах не должно быть ни одной упаковочной единицы, у которой отрицательное отклонение содержимого нетто от номинального количества превышает двойной предел допускаемых отрицательных отклонений. В соответствии с этими требованиями, в России и Китае размер испытываемой партии должен быть равен 100 ед., а в Евросоюзе — 80 ед.

Можно считать, что индивидуальные упаковки с массой дозы менее 5 г оказались вне рамок метрологических требований к количеству фасованного товара в индивидуальных упаковках.

Второй задачей данной работы является обоснование рекомендаций по настройке дозаторов с низкими характеристиками по точности дозирования, для выполнения требований нормативных документов к количеству фасованного продукта в упаковке.

Третьей задачей является разработка и исследование мехатронной системы дозирования, обеспечивающей возможность дозировать различные дозы, кратные минимальной единичной массе без разборки дозатора и регулировки дозы.

Методы исследования

Как видно из табл. 1 единичные упаковки с массой дозы менее 5 г в нормативных документах не рассматриваются, хотя имеется большое количество продуктов, которые потребитель приобретает в предприятиях общественного питания: соль, сахар, перец и другие специи. Для многих видов продукции, например, чай в пакетиках или различные пищевые добавки, вопрос решается просто, так как они продаются в потребительской таре, где содержится несколько единичных упаковок с малыми дозами и тогда производитель и продавец отвечают за обеспечение требований к количеству погрешности дозирования суммарной массы продукта, находящегося в потребительской таре и указанной на маркировке.

Как правило, в такой потребительской упаковке содержится количество пакетов из следующего ряда: $n = 20, 25, 50, 100$ и 150 .

Рассмотрим это на примере чайных пакетиков с массой дозы в одном пакетике, равную 2 г. В табл. 2 указаны значения характеристик доз в потребительской таре.

Таблица 2

Значение характеристик доз в потребительской таре

Dose characteristics in consumer containers

n	$M, \text{ г}$	T	σ	σ_n
20	40	3,6	1.8	0,402
25	50	4,5	2.25	0,45
50	100	4,5	2.25	0,32
100	200	9	4.5	0,45
150	300	9	4.5	0,37

Анализ таблицы 2 показывает, что, если погрешность дозатора равна 0,32 г, то при любом n из выбранного ряда, обеспечиваются требования стандарта к количеству продукта в потребительской таре. При погрешности дози-

рования равной 0,37 г при $n = 50$ требования стандарта не обеспечиваются. При погрешности дозирования равной 0,402 г требования стандарта не выполняются при n равном 50 и 150. При наибольшей погрешности дозатора равной 0,45 г требования стандарта будут выполнены только при n равном 25 и 100.

Максимальное допустимое среднее квадратическое отклонение единичной массы определяется в соответствии с выражением

$$\sigma_n = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (1)$$

На рис. 1 представлена графическая интерпретация требований к погрешности дозирования по ГОСТ Р 8.579–2001. Фактическая средняя масса расфасованной продукции M_ϕ должна быть больше или равняться номинальной массе M .

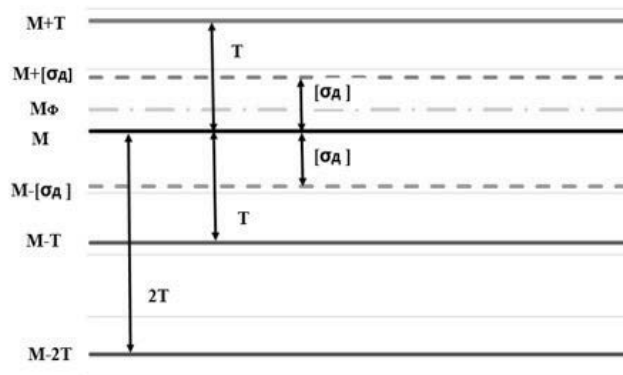


Рис. 1. Требования к погрешности дозирования по ГОСТ Р 8.579–2001

Fig. 1. Dosing errors requirements according to P 8.579–2001 State Standard

Обозначения, представленные на рис. 1: $M_{\text{ном}}$ — номинальная масса; T — предельное отклонение; $[\sigma_d]$ — максимальное допустимое среднее квадратическое отклонение, который должен обеспечить дозатор; M_ϕ — фактическое среднее значение массы упакованной продукции.

С достаточной степенью точности можно от отклонения T перейти к стандартной характеристике дозатора — допускаемому максимальному среднему квадратическому отклонению $[\sigma_d] = T/2$.

Требование стандарта на обеспечение среднего арифметического значения массы, равного номинальному, обеспечивается автоматически при любом среднем квадратическом отклонении. Поэтому при выборе дозатора обязательно должно выполняться условие $\sigma_\phi \leq [\sigma_d]$. Возможно, что у производителя имеющиеся дозаторы не могут обеспечить это условие, то есть $\sigma_\phi > [\sigma_d]$. Тогда невозможно обеспечить требование, что только 2% упаковок могут иметь отрицательное отклонение T , больше допустимого. В этом случае, при отсутствии другого дозатора, возможно использование существующего, если дозатор настроен на дозу больше номинальной массы M [22].

В этом случае дозатор должен настраиваться на большее значение массы дозы M_n равное:

$$M_n = M + 2(\sigma_\phi - [\sigma_d]). \quad (2)$$

На рис. 2 представлены погрешности дозирования на большую массу дозы.

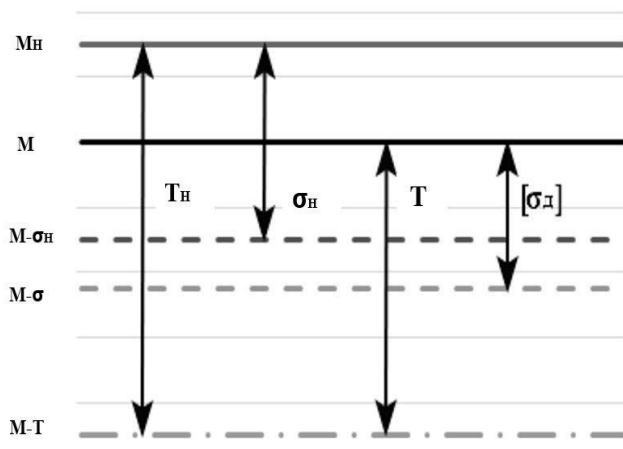


Рис. 2. Погрешности дозирования на увеличенную среднюю массу дозы
Fig. 2. Dosing errors per increased dose average weight

Обозначения, представленные на рис. 2: M — номинальное значение массы; T — допускаемое предельное отклонение; T_n — фактическое предельное отклонение; M_n — фактическое среднее значение массы упакованной продукции; $[\sigma_d]$ — допускаемое среднее квадратическое отклонение; σ_n — фактическое среднее квадратическое отклонение.

Не считая рынка фасовочно-упаковочного оборудования для чая, дозаторы для фасования сыпучих продуктов, как правило, производятся по специальным заказам. В основном это весовые дозаторы с низкой производительностью. Для фасования сыпучих порошков в фармацевтической промышленности используется объемное дозирование [23].

В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого, на кафедре «Автоматы» разработана мехатронная система объемного дозирования с единичной массой дозы 0,5 г. Система дозирования применяется для пакетов с размерами в длину 50 мм при одновременном дозировании в два пакета по 0,5 г. При желании можно дозировать в один пакет, длиной равной или больше 90 мм сразу две дозы. В фасовочно-упаковочном автомате, для которого разрабатывалась эта система, высота пакета равна 50 мм, что позволяет фасовать в него 0,5; 1,0 или 1,5 г.

Для доз в пределах 0,2–5 г, как правило, используется плоский пакет размерами 50 на 50 мм. Вместимость пакета можно увеличить, изменяя высоту пакета. Время цикла определяется временем протягивания, которое и определяет время, отведенное на дозирование и фасование продукта. Время цикла составляет 1,04 с, время фасования — 0,52 с. Производительность автомата равна 57 двойным упаковкам в минуту.

При контроле количества товара в упаковке, количество проверяемых потребительских упаковок должно быть равно 100, что соответствует требованиям ГОСТ Р 8-579-2001. Порядок контроля должен соответствовать требованиям метрологического надзора:

— определяется среднее арифметическое значение дозы:

$$M_{cp} = \frac{\sum M}{100}; \quad (3)$$

— определяется среднее квадратическое отклонение массы дозы:

$$\sigma_d = \sqrt{\sum_{N=1}^N (M_{cp} - M_n)^2 / (n-1)}; \quad (4)$$

— определяется среднее квадратическое отклонение средней массы дозы:

$$\sigma_{cp} = \frac{[\sigma_d]}{\sqrt{n}}; \quad (5)$$

— устанавливается фактическое отрицательное предельное отклонение массы дозы:

$$T_{\phi} = 2,04\sigma_d; \quad (6)$$

— настройка дозатора должна обеспечивать среднее значение дозы:

$$M_{cp} = M_{ном} + 0,204\sigma_d. \quad (7)$$

На рис. 3 показана структурная схема мехатронной системы объемного дозирования.



Рис. 3. Структурная схема мехатронной системы объемного дозирования

Fig. 3. The structure of mechatronic loose dosing system

Основные элементы этой системы: шиберный дозатор, пневматический привод, система управления и программное обеспечение.

На рис. 4 представлен один из возможных вариантов шиберного дозатора с четырьмя мерными объемами, двумя выпускными отверстиями в корпусе и тремя отверстиями в питателе. Шибер приводится в движение пневматическим цилиндром. Регулирование величины дозы обеспечивается двухсторонним ограничением хода штока цилиндра.

Результаты исследования и их обсуждение

При испытаниях, кинематическая производительность составила 230 двойных доз в минуту, что требует обеспечения времени смены тары за 0,26 с. При испытаниях с дозированием сыпучих продуктов, время рабочего цикла равнялось 1,04 с, а время перемещения равнялось 0,52 с. Фактическая производительность равня-

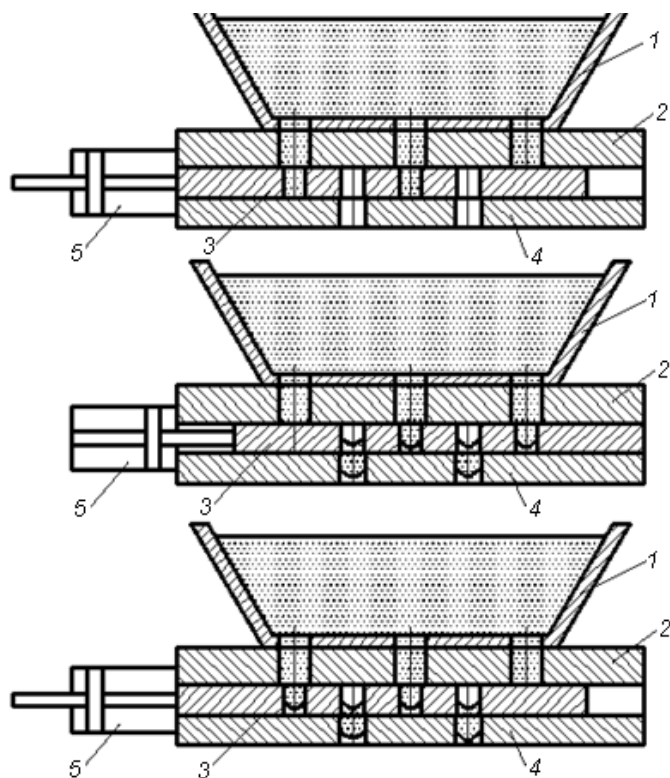


Рис. 4. Шиберный дозатор с четырьмя мерными объемами:
1 — питатель; 2 — крышка; 3 — шибер; 4 — корпус;
5 — цилиндр с двумя штоками

Fig. 4. Dosing apparatus with slide gate and four measuring pockets: 1 — feeding gate; 2 — cover; 3 — slide gate; 4 — housing; 5 — cylinder with two rods

лась 104 дозам, при одновременном фасовании в два пакетика.

При исследовании погрешности дозирования разработанного дозатора авторы следовали требованиям, изложенным в правилах метрологического надзора «Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже».

Результаты и анализ всех данных представлены в табл. 3, отклонение дозатора соответствует требованиям ГОСТ Р 8.579–2001.

Таблица 3

Результаты и анализ экспериментальных данных

Table 3

Experimental data and their analysis

Количество взвешиваний	$n = 100$
Среднее арифметическое значение дозы	$M_{\text{ср}} = 0,53 \text{ г}$
Среднее квадратическое отклонение дозы	$\sigma_d = 0,009$
Предельное отклонение дозы	$T_\phi = \pm 0,018 \text{ г}$
Предельная ошибка среднего арифметического	$M_o = 0,002$

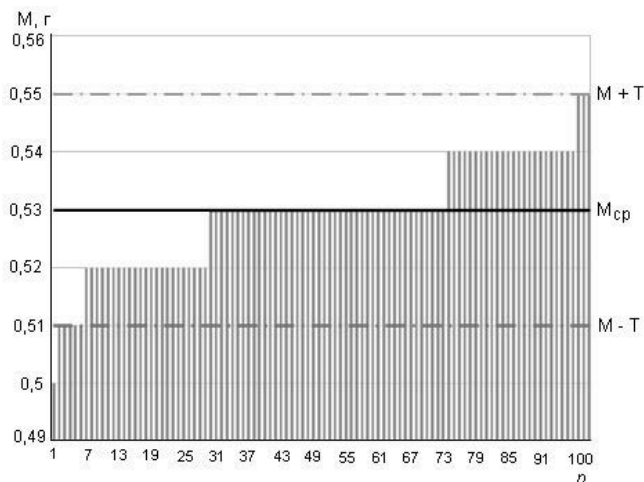


Рис. 5. Результаты дозирования 100 единичных доз

Fig. 5. Dosing results for 100 single doses

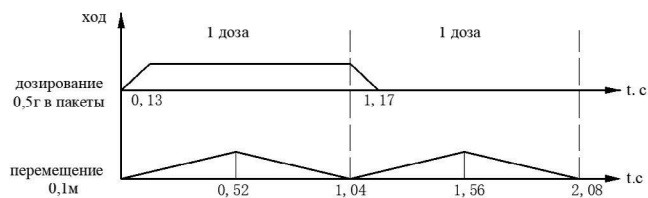


Рис. 6. Циклограмма работы дозатора при фасовании в каждый пакетик одной дозы во время холостого хода

Fig. 6. Cyclogram of the dosing apparatus operation when packing one dose per pack during free running

Для анализа результатов измерений предлагается строить точечный график из 100 точек, которые располагаются по оси ординат с любым разумным шагом (рис. 5). По оси абсцисс отмечаются значения массы слева направо от наименьшего значения до максимального. Параллельно оси ординат проводится прямая соответствующая среднему значению массы M . Это является хорошей иллюстрацией погрешности дозирования мехатронной системы, позволяющей определять предельное отклонение T и среднее значение массы дозы $M_{\text{ср}}$.

В соответствии с уравнением (6) и с учетом среднего квадратического отклонения, полученного в эксперименте, дозатор должен настраиваться на значение массы по формуле:

$$M_{\text{настр}} = M_{\text{ном}} + 0,204\sigma_d = M_{\text{ном}} + 0,002. \quad (8)$$

На рис. 6 представлена циклограмма работы дозатора при фасовании в каждый пакетик одной дозы во время холостого хода.

Время холостого хода механизма протягивания равнялось времени рабочего хода. Так как кинематическая производительность дозатора выше, то во время холостого хода привода протягивания ленты можно последовательно дозировать два, три или четыре единичных мерных объема в один и тот же пакетик, соответственно, 1 г, 1,5 г или 2 г продукта. Это возможно, благодаря про-

граммному обеспечению, разработанному для фасовочно-упаковочного автомата, в котором, можно не меняя шибера, увеличить массу дозу, соответственно, в два, три или четыре раза, сохраняя производительность в 114 одинарных пакетиков доз в минуту. Циклограмма работы дозатора представлена на рис. 7.

Разработанное программное обеспечение позволяет также увеличивать массу дозируемого продукта свыше 3 г, если увеличить объем пакета.

На рис. 8 представлены циклограммы работы дозатора при дозировании в один пакет 6 и 12 доз, соответственно, массы дозы будут равны 3 и 6 г. Естественно, что в этом случае фактическая производительность снизилась и составила 92 и 56 пакетиков в минуту.

В экспериментах использовали биологическую активную добавку «Зостерин», производства фирмы «Ак-вамир». В работе применялись лабораторные весы «Сартогосм» с ценой деления 0,01 г, соответствующие требованиям ГОСТ 24104–2001 и ГОСТ 24104–1988.

В табл. 4 представлены результаты тестовых испытаний дозатора при последовательном дозировании в одну упаковку, соответственно 2, 8 и 12 доз.

Для дозы массой 6 г допусаемое среднее квадратическое отклонение должно быть равно 0,27 г, что в 10 раз превышает фактическое значение среднего ква-

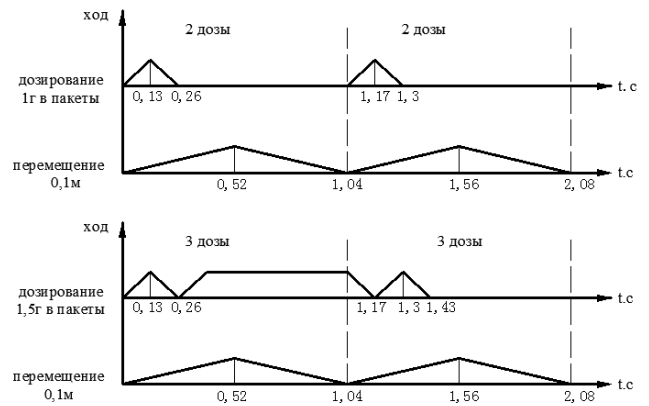


Рис. 7. Циклограмма работы дозатора при последовательном фасовании в два и три пакетика во время холостого хода

Fig. 7. Cyclogram of the dosing apparatus operation when series packing in two and three packs during free running

ратического отклонения разработанной мехатронной системы дозирования. Фактическая средняя масса расфасованной продукции M_{ϕ} должна быть больше или равняться номинальному значению массы, согласно требованиям к погрешности дозирования по ГОСТ Р 8.579–2001.

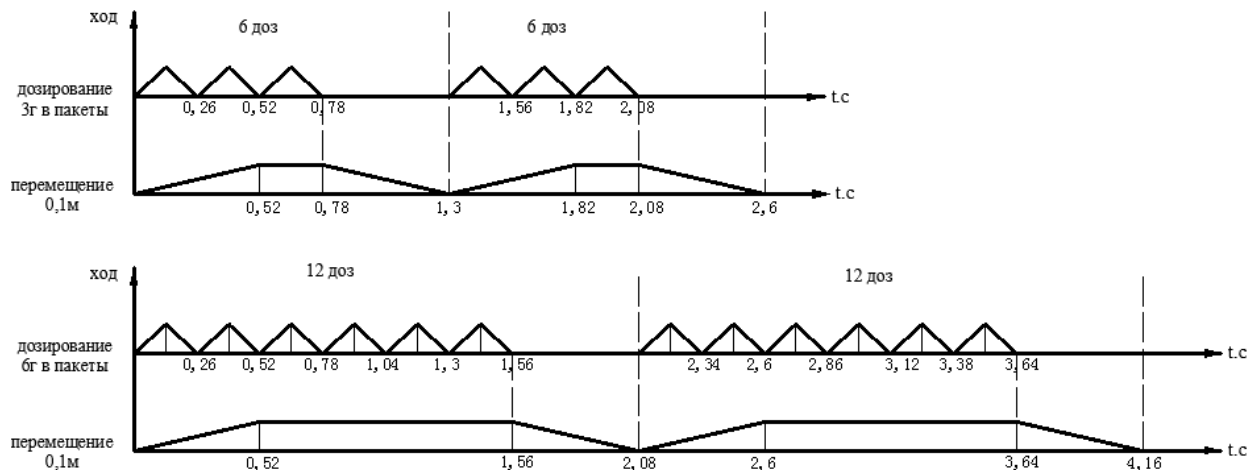


Рис. 8. Циклограмма работы дозатора при фасовании в пакеты по 3 и 6 г.

Fig. 8. Cyclogram of the dosing apparatus operation when packing in 3 and 6 gram packs

Таблица 4

Результаты тестовых испытаний дозатора при последовательном дозировании в одну упаковку

Table 4

Tet results of the dosing apparatus operation when series packing in one pack

Количество доз n	2	8	12
Масса дозы, г	1	4	6
Количество взвешиваний N	100	100	100
Среднее арифметическое значение дозы $M_{\text{ср}}$	1,00	3,99	5,99
Среднее квадратическое отклонение дозы σ_n	0,013	0,021	0,023
Предельное отклонение дозы T	0,028	0,043	0,046
Предельная ошибка среднего арифметического M_0	0,003	0,004	0,004

Выводы

1. Предложена методика определения требований к погрешности дозирования дозаторов с дозами меньше 5 г. Показано что для сыпучих продуктов задача обеспечения требований стандартов к количеству продукта в потребительской таре не вызывает затруднений.

2. Даны рекомендации для настройки дозаторов с высокой погрешностью дозирования, обеспечивающие выполнение требований по допускаемому количеству бракованных упаковок в проверяемой партии. Количество упаковок должно быть не меньше 100.

3. Испытания мехатронной системы дозирования, разработанной в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого показали ее универсальность, обусловленную широким диапазоном доз, кратным единичной дозе с массой 0,5 г. Разработанное

программное обеспечение может использоваться и в других мехатронных систем с различными единичными дозами. Анализ результатов экспериментов показал то, что эта мехатронная система дозирования обеспечивает погрешность дозирования сыпучих продуктов в соответствии с требованиями к количеству продукта в упаковках.

Цель дальнейших исследований будет направлена на поиск рационального ограниченного числа мерных объемов, позволяющих иметь всего несколько универсальных мехатронных систем дозирования, перекрывающих весь диапазон масс в пределах от 5 г до 1000 г с единым программным обеспечением. Планируется проведение исследования по поиску технических решений определения окончания процесса фасования, что позволит повысить производительность фасовочно-упаковочного оборудования.

Литература

1. Жавнер В. Л., Смирнов А. Б. Мехатронные системы: учебник для вузов. — М.: СПбПУ, 2001. 130 с.
2. Смирнов К. А., Жавнер В. Л. Разработка систем управления мультиголовочных дозаторов на базе моделирования их работы приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — М.: Научтехлитиздат, 2005. С. 8–12.
3. 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.
4. Жавнер В. Л. Чжао Вэнь. Мехатронная система дозирования сыпучих продуктов малыми дозами. // Материалы 6-й МНПК 22–23 июня 2017 г.: Современное машиностроение: наука и образование ММЕСЕ-2017. 2017. № 6. 462–470 с. DOI: 10.1872/MMF-2017–40
5. Чжао Вэнь. Жавнер В. Л. Обеспечение требований стандартов к количеству фасованной продукции в потребительской таре. Часть 2. — М.: СПбПУ, 2017. 17 с.
6. Григорьян С. Г., Дегтярёва А. Н. Имитационное моделирование процесса комбинационного дозирования. // Материалы МНПК 17 апреля 2017 г.: Новая наука: техника и технологии. Москва, 2017. С. 42–44.
7. 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.
8. «Зостерин-Ультра» на страже здоровья более 15 лет! [Электронный ресурс]: URL: <http://zosterin-ultra.ru/>
9. Келси Р. Дж. Ханлон Дж. Ф., Форсинио Х. Е. Упаковка и тара: проектирование, технология, применение: пер. с англ. под ред. Жавнера В. Л. — М.: Профессия, 2006. 629 с.
10. Anne Emblem, Henry Emblem. Packaging technology — Fundamentals, materials and processes. England, Woodhead Publishing Ltd., 2012. 595 p.
11. Peng Bo. Development and analysis of precision metrological loose packaging system. Hubei University of Technology. 2017.
12. Xie Fengliang. Analysis of the quantitative error in the packaged goods. // Chinese electronic commerce, 2012 (16). P. 209.
13. Xu Qianyu. Analysis of measured data in the quantitative measurement of the volume of the commodity mass. Industrial measurements, 15.08.2002. P. 106–108.

References

1. Zhavner V. L., Smirnov A. B. Mechatronic systems: Schoolbook for higher educational institutions. Moscow, 2001. 130 p. (in Russian)
2. Smirnov K. A., Zhavner V. L. Development of control systems for multihead dispensers based on the modeling of their operation devices and systems. Management, control, diagnostics Moscow: Nauchtekhlitizdat. 2005. p. 8–12. (in Russian)
3. Zhavner V. L., Sineokova I. A. Dosing systems for loose products weighing up to 5 grams. *Bulletin of Pskov State University. Series: The Economy. Right. Control.* 2012. No. 1. P. 147–153. (in Russian)
4. Zhavner V. L., Zhao Wen. Mechatronic system of dosing of bulk products in small doses. Materials of 6th international scientific-practical conference 22–23 June 2017: *Modern engineering: science and education MESE-2017.* 2017. No. 6. 462–470 pp. DOI: 10.1872 / MMF-2017–40. (in Russian)
5. Zhao Wen. Zhavner V. L. Ensuring the requirements of standards to the number of packaged products in consumer packaging. Part 2. Moscow, 2017. 17 p. (in Russian)
6. Grigor'yan S. G., Degtyareva A. N. Simulation of the process of combination dosing. Materials MNPk April 17, 2017: *New science: engineering and technology.* Moscow, 2017. С. 42–44. (in Russian)
7. Yurieva I. N., Vdovina G. P. Development of the composition and technology of powders for the preparation of suspension for ingestion of calcium and the study of stability. *Modern problems of science and education.* 2014. No. 5. (in Russian)
8. «Zosterin-Ultra» guarding the health of more than 15 years! [Electronic resource]: URL: <http://zosterin-ultra.ru/> (in Russian)
9. Kelsey R. J., Hanlon John.F., Forsinio H. E. Packaging: design, technology, application: translation from English edited of Zhavner V. L. Moscow, Profession, 2003. 632 p. (in Russian)
10. Anne Emblem, Henry Emblem. Packaging technology — Fundamentals, materials and processes. England, Woodhead Publishing Ltd., 2012. 595 p.
11. Peng Bo. Development and analysis of precision metrological loose packaging system. Hubei University of Technology. 2017.
12. Xie Fengliang. Analysis of the quantitative error in the packaged goods. // *Chinese electronic commerce*, 2012 (16). P. 209.
13. Xu Qianyu. Analysis of measured data in the quantitative measurement of the volume of the commodity mass. *Industrial measurements*, 15.08.2002. P. 106–108.

14. Cao Ping. Inaccurate Quantitative Packaged Goods — Error Analysis in Quantitative Packaged Goods. Chinese dimension, 2011. p. 32–33.
15. Zhang Wei. Causes and countermeasures of unqualified quantitative packaging products of the enterprise. *World of Management*. 11/03/2014. 215 p.
16. 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.
17. Поляков С. И. Проблема достижения точности дозирования материалов. // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2005. № 11.
18. Объемные дозаторы сыпучих материалов и точность взвешивания: [Электронный ресурс]: URL: <http://tenzoveda.ru/dozatory-obemnye/>
19. Патент № 27217 Российская Федерация, МПК G01F 11/28. Устройство для дозирования сыпучих продуктов / В. Л. Жавнер, М. А. Цветков; заявитель и патентообладатель СПБПУ. — № 2002103915/20; заявл. 12.02.02; опубл. 10.01.03, Бюл. № 1.
20. Патент № 2101682 Российская Федерация, МПК G01F 11/00. Устройство для дозирования сыпучих материалов / М. И. Пейсахов; заявитель и патентообладатель ЛНПО «Прогресс». — № 5048414/28; заявл. 17.06.1992; опубл. 10.01.1998.
21. Патент № 49798 Российская Федерация, МПК В 65 В 1/36. Устройство для дозирования сыпучих материалов / Ю. Г. Залиев, В. А. Каргин, А. М. Ларюхин, С. С. Ахметшин; заявитель и патентообладатель ФГТУ «Производственное объединение «Завод им. Серго». — № 2004110434/12; заявл. 31.03.04; опубл. 10.12.05 Бюл. № 34.
22. Патент № 2111523 Российская Федерация, МПК G 05 D 7/00, G 01 F 11/00. Способ управления технологическим процессом дозирования пищевой продукции / С. В. Кияница; заявитель и патентообладатель КГТУ. — № 93020797/09; заявл. 21.04.1993; опубл. 20.05.1998.
23. Белоусов В. А., Вальтер М. Б. Основы дозирования и таблетирования лекарственных порошков. — М.: Медицина, 1980, 216 с.
14. Cao Ping. Inaccurate Quantitative Packaged Goods — Error Analysis in Quantitative Packaged Goods. *Chinese dimension*, 2011. p. 32–33.
15. Zhang Wei. Causes and countermeasures of unqualified quantitative packaging products of the enterprise. *World of Management*. 11/03/2014. 215 p.
16. 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.
17. Polyakov S. I. The problem of achieving the accuracy of dosing materials. *Actual problems of the forest complex*. 2005. No. 11. (in Russian)
18. Loose material dispensers and weighing accuracy. [Electronic resource]: URL: <http://tenzoveda.ru/dozatory-obemnye/> (in Russian)
19. Patent 27217 Russian Federation, IPC G01F 11/28. Device for dosing of loose products / V. L. Zhavner, M. A. Tskvetkov; the applicant and the patent owner SPBPU. — No. 2002103915/20; claimed. 12.02.02; publ. 10.01.03, Bul. № 1. (in Russian)
20. Patent Russian Federation, IPC G01F 11/00. The device for dosing bulk materials / M. I. Peysakhov; the applicant and the patent owner Leningrad Research and Production Association «Progress». — No. 5048414/28; claimed. 06/17/1992; publ. 10.01.1998. (in Russian)
21. Patent 49798 Russian Federation, IPC B 65 B 1/36. A device for dispensing bulk materials / Yu. G. Zalialiev, VA Kargin, AM Laryukhin, SS Akhmetshin; the applicant and the patent holder of the FG TU «Production Association» Zavod im. Sergo. «- No. 2004110434/12, published on 03/31/04, published on 10.12.05, the Bulletin No. 34. (in Russian)
22. Patent 2111523 Russian Federation, IPC G 05 D 7/00, G 01 F 11/00. Method of managing the technological process of dosing food products / S. V. The Kettle; applicant and patent holder of KSTU. — No. 93020797/09; claimed. 21.04.1993; publ. 05/20/1998. (in Russian)
23. Belousov V. A., Walter M. B. Principles of dosing and tableting medicinal powders. Moscow, Meditsina, 1980, 216 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Жавнер Виктор Леонидович

д.т. н., профессор кафедры «Автоматы» Санкт-Петербургского политехнического Университета Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, vjavner@outlook.com

Чжао Вэнь

аспирант кафедры «Автоматы» Санкт-Петербургского политехнического Университета Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, wenfly2015@yandex.ru

Information about authors

Zhavner Victor Leonidovich

D. Sc., Professor of Department of Automatics of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia, 195251. St. Petersburg. Politekhnikeskaya, 29, vjavner@outlook.com

Zhao Wen

graduate student of Department of Automatics of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia, 195251. St. Petersburg. Politekhnikeskaya, 29, wenfly2015@yandex.ru