

УДК 664-66.028

Исследование стабильности работы

мультиголовочного дозатора с помощью

компьютерной модели

---

**A comparative analysis of two algorithms of operation of a multihead one-flow dispenser has been carried out with the help of a proposed computer model. The difference between the two algorithms is that in the first version the dispenser releases the most exact doses, in this case there are remained in the cells the portions of the product with the mass significantly differing from the desired value. In the second apparatus the selection of combinations was fulfilled by the method not connected with the release of the best masses, which allowed to significantly increase the stability of operation of the dispenser.**

---

В настоящее время для точного и скоростного дозирования все большее применение находят мультиголовочные дозаторы (МГД). Основное их назначение – дозирование крупнокусковых продуктов и продуктов нерегулярной формы. Применение МГД позволяет выдавать дозы с точностью, превышающей массу одного куска. В то же время имеется возможность работы с другими видами продуктов, значительно выигрывая в производительности у весовых дозаторов обычной конструкции.

Все преимущества данного типа дозаторов связаны с конструкцией, состоящей из нескольких дозирующих ячеек, расположенных по окружности, и системой управления, подбирающей необходимые комбинации доз. Целевая масса дозы разбивается на несколько порций с тем, чтобы, наполнив такими порциями все бункера дозатора, можно было выбрать те значения, сумма которых составляет наиболее близкое значение к заданию.

Основным недостатком данной системы является то, что в процессе работы дозатора некоторые бункера наполняются продуктом с массой, значительно отличающейся от заданного значения, и не используются при составлении комбинаций. Иными словами, такие ячейки становятся простаивающими и не принимают участия в работе дозатора, тем самым снижая его производительность. Со временем число таких ячеек увеличивается, что приводит к снижению числа комбинаций до нуля. В этот момент дозатор останавливается, и ему необходимы очистка от продукта и новый запуск. В МГД только часть головок образует дозу продукта, остальные необходимы для некоторого запаса комбинаций. Отношение числа рабочих головок (образующих дозу) к общему числу головок определяется характеристиками продукта, но из экономических по-

нятий должно быть как можно большим. Простаивающие головки снижают это отношение, ухудшая работу дозатора.

Особенностью данного класса дозаторов является высокая зависимость рабочих характеристик от алгоритма выбора дозы.

Для исследования работы мультиголовочных дозаторов, их свойств и возможностей была разработана компьютерная модель. Модель представляет собой близкое приближение к реальному объекту исследования. В нее заложены принципы и алгоритмы работы оригинального дозатора, соответственно мы можем виртуально оценить как достоинства, так и недостатки данной схемы построения МГД. Кроме того, компьютерная модель, сохраняя основные качества оригинала, позволяет испытать другие алгоритмы работы, произвести их сравнение и оценку их эффективности.

Основное назначение компьютерной модели:

- исследование возникновения тупиковых ситуаций и разработка мер по их устранению;
- нахождение минимального числа головок, необходимого для устойчивой работы дозатора;

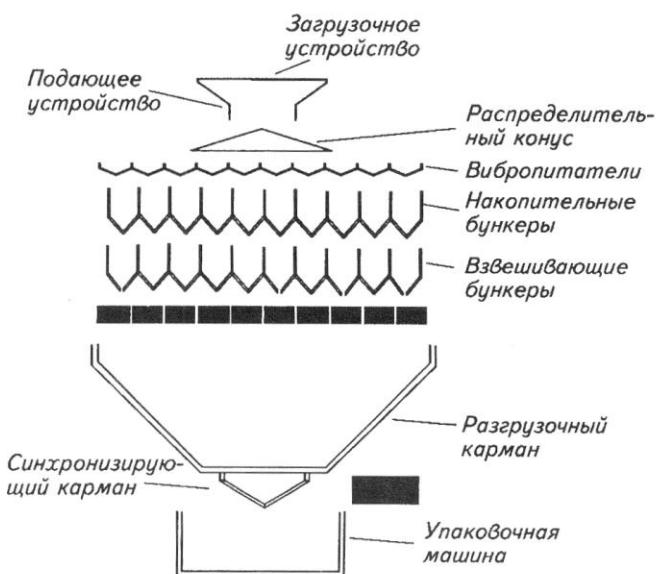


Рис. 1. Схема мультиголовочного дозатора

- проверка различных алгоритмов работы и их сравнительный анализ.

Рассмотрим работу МГД, упрощенная схема которого показана на рис. 1. Комбинационный дозатор состоит из загрузочного и подающего устройства, распределительного конуса, а также расположенных по окружности вибропитателей, накопительных и весовых бункеров. Продукт поступает на распределяющее устройство, и далее виброподающие лотки по необходимости наполняют накопительные бункера, после этого он попадает в дозатор, где взвешивается перед сбросом в разгрузочный конус. По окончании взвешивания компьютер вычисляет все возможные комбинации и между полученными значениями выбирает ту, которая наиболее точно соответствует заданной массе, после чего бункера, вошедшие в выбранную комбинацию, открываются и сбрасывают продукт в упаковочную машину.

Ограничения компьютерной модели:

- моделирование охватывает главную вычислительную часть системы дозатора, начиная с весовых бункеров. Считаем, что продукт подается в бункера с массой  $m$ , случайно распределенной по нормальному закону с заданным математическим ожиданием, и среднеквадратическим отклонением (СКО)  $s$ , характерным для данного продукта и конструкции вибропитателя. При этом не рассматриваем работу питателей и прочих подающих устройств;

- данная компьютерная модель не учитывает скоростных характеристик комбинационного весового дозатора, так как предназначена для изучения характеристик, перечисленных ранее;

- выдача дозы осуществляется в дискретные моменты времени, т.е. выдача одной дозы для однопоточного дозатора происходит в одну единицу времени (в один торт).

Основные функции модели:

- поиск комбинаций порций соответственно выбранному алгоритму;

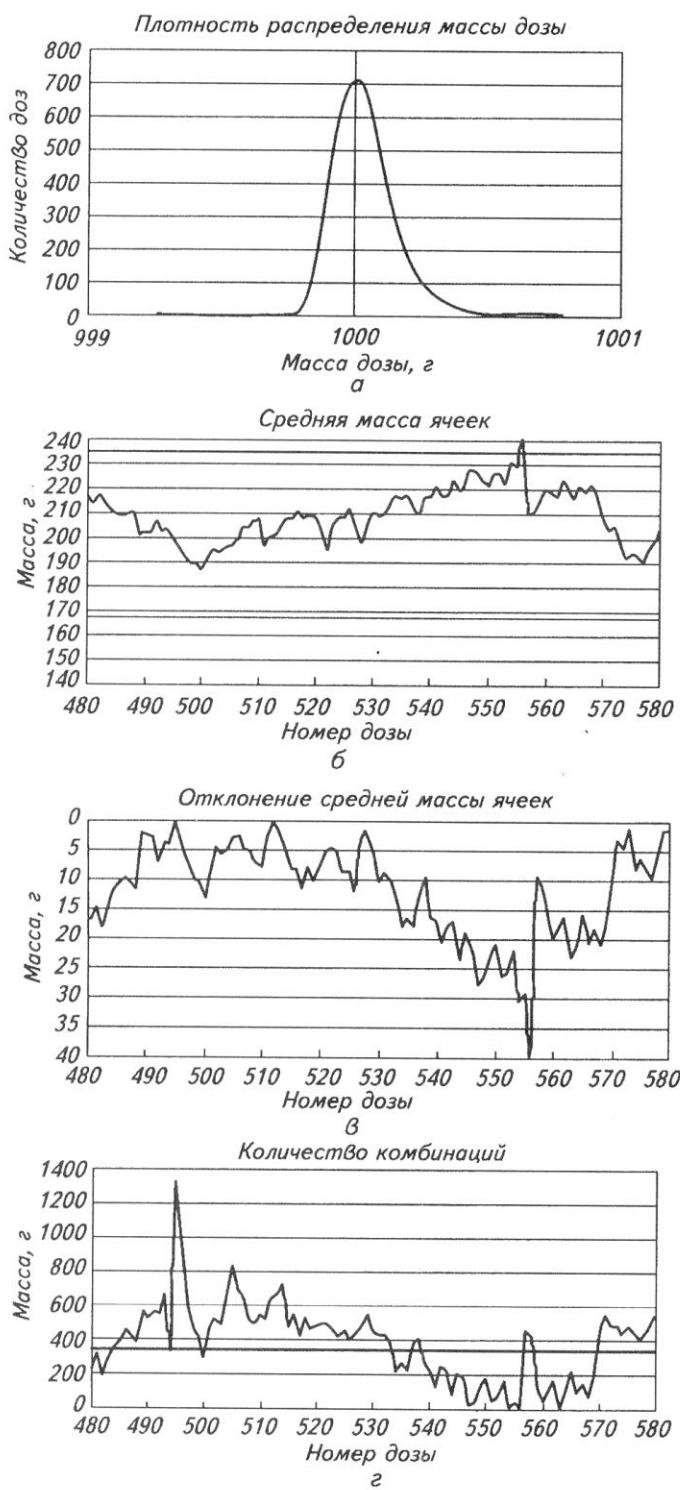


Рис. 2. Характеристики МГД для 1-го алгоритма управления

- сброс удачной комбинации в бункер;
- наполнение освобожденных весовых бункеров продуктом;
- ведение статистики по параметрам: масса дозы, текущее число комбинаций, средняя масса ячеек, время возникновения тупиковой ситуации;
- отказ от наполнения ячеек продуктом при возникновении тупиковой ситуации.

По результатам работы модели проводится анализ

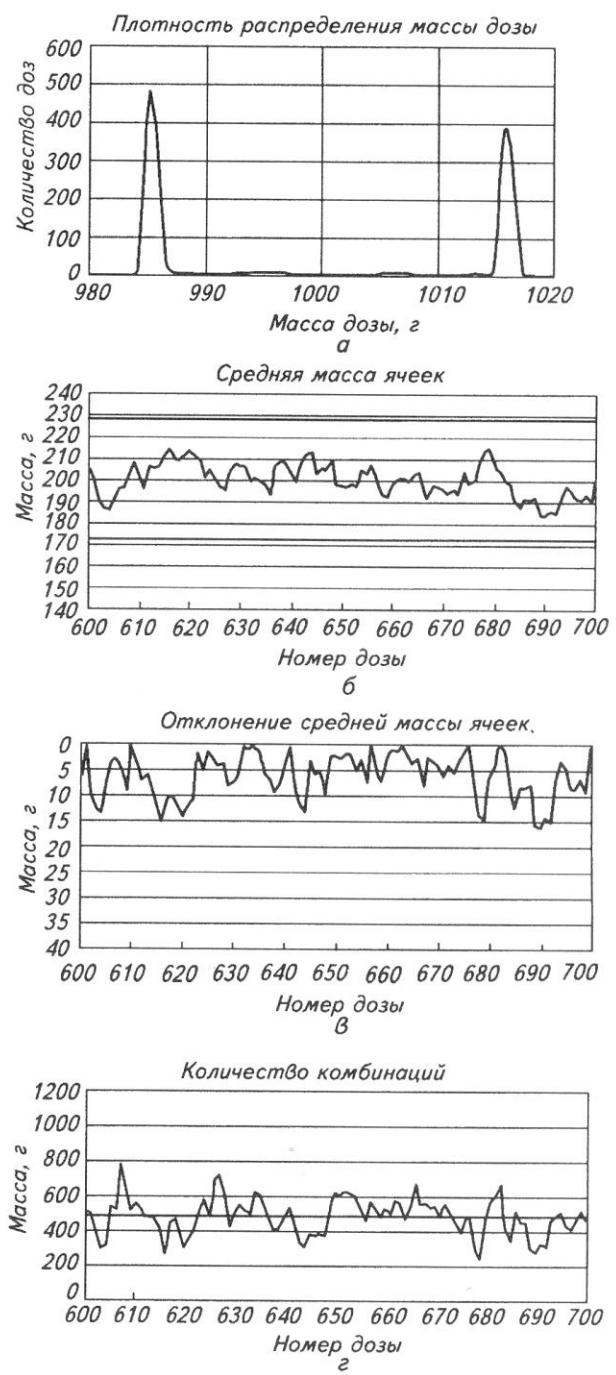


Рис. 3. Характеристики МГД для 2-го алгоритма управления

данных. Для нахождения зависимостей между параметрами дозатора строятся графики плотности распределения весов доз на выходе, изменения средней массы ячеек и числа комбинаций.

На базе предложенной модели произведено моделирование двух алгоритмов работы мультиголовочного однопоточного дозатора. Первый алгоритм, наиболее часто применяемый на практике, – выбор дозы, максимально близкой по массе к заданию. Второй – выбор комбинации порций, сброс которых приближает среднюю массу наполнения оставшихся ячеек к заданному значению  $t$ . Параметры МГД: число головок

$N = 15$ , доза формируется из  $p = 5$  порций, масса дозы  $M = 1000$  г, допуск на дозу  $\epsilon = \pm 15$  г, СКО одной ячейки для данного продукта  $s = 30$  г, масса наполнения одной ячейки  $m = 200$  г.

Проследим изменения графика средней массы ячеек. При возникновении тупиковой ситуации вычисляется среднее значение массы продукта в весовых бункерах и откладываются одна или две горизонтальные линии. Эти линии характеризуют верхний и нижний пределы возникновения опасно низкого количества комбинаций, масса которых находится в пределах  $M - \epsilon; M + \epsilon$ . На графиках хорошо прослеживается тенденция к резкому снижению числа комбинаций при подходе кривой изменения средней массы к предельным линиям.

На рис. 2, а – г показан участок работы дозатора на протяжении 100 тактов, т.е. выдачи 100 доз, до возникновения первой тупиковой ситуации. Алгоритм работы: поиск наиболее точной дозы, перебор 5 из 15.

На рис. 2, б показано медленное изменение средней массы продукта в ячейках в сторону увеличения с 500-го по 556-й такт работы. На этом же участке графика «отклонение средней массы ячеек дозатора от номинального значения» (рис. 2, в) происходит увеличение этого отклонения с 5 до 40 г. На 556-м такте при отклонении 40 г происходит останов дозатора в связи с невозможностью подобрать комбинацию подходящей массы (рис. 2, г). На следующем шаге происходит сброс и обновление всех ячеек (спуск средней массы до 210 г). Для всех трех графиков отмечается общая тенденция изменения наблюдаемых величин.

Среднее число комбинаций (рис. 2, г, горизонтальная линия) около 350, что значительно меньше 522 – расчетного среднего значения, соответствующего данному дозатору и продукту. В результате можно сделать вывод о недостатках данного алгоритма управления. вполне возможно, что при выборе лучших значений часть бункеров остается неиспользуемой, и со временем их число увеличивается, снижая число комбинаций. Из графиков видно, что максимальное число комбинаций возможно при средней массе продукта в бункерах, близкой к  $m$ .

Анализ работы модели по первому алгоритму показывает, что для стабильной работы МГД необходимо отслеживать изменение средней массы продукта в ячейках. Этому условию удовлетворяет второй алго-

ритм – выбор комбинации порций, сброс которых приближает среднюю массу наполнения оставшихся ячеек к заданному значению. То есть из всех возможных комбинаций выбирается та, для которой разница между средней массой не вошедших в комбинацию ячеек и заданной величиной наполнения порции наиболее близка к нулю.

Второй вариант работы дозатора позволяет усреднять оставшееся наполнение ячеек. На рис. 3, а – г показаны результаты работы МГД с данным алгоритмом управления. Так же как и в первом варианте, наблюдается зависимость числа комбинаций (см. рис. 3, г) от отклонения средней массы дозы. На рис. 3, б заметны небольшие колебания средней массы ячеек около заданного значения.

Отличие алгоритмов в том, что в первом варианте МГД сбрасывает наиболее точные дозы, и при этом, возможно, в ячейках остаются порции продукта «недобной» массы (значительно отличающейся от заданной). Эти бункера остаются неиспользованными в течение всего цикла работы, снижая число комбинаций. Со временем число неиспользуемых бункеров увеличивается, что в итоге приводит к тупиковой ситуации (такт № 556, рис. 2, б). Это прослеживается в постоянном снижении числа комбинаций с 500-го по 556-й такты. Осуществляя подбор комбинаций способом, не связанным со сбросом лучших масс, мы получаем более равномерную работу дозатора. Этот метод реализован во втором алгоритме.

Среднее число комбинаций для первого алгоритма около 350, что значительно меньше 500 (близких к оптимальному), полученных для второго алгоритма.

Сравнительный анализ двух алгоритмов работы модели МГД показал, что за счет изменения управляющей программы удалось значительно повысить стабильность работы дозатора.

### Список литературы

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1988.
2. ГОСТ Р 8.579 – 2001. Требования к количеству фасованных товаров в упаковках любого вида при их производстве, расфасовке, продаже и импорте.
3. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. – М.: Наука, 1976.