

*will be smallest contact tension, taking into account restrictions imposed on pair «a rhomboid cam roller» are defined.*

**Keywords:** cam, ekvidistant, tension, curvature radius.

Журавлев Юрий Николаевич — профессор кафедры «Строительная механика» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ.

Шерстюков Михаил Сергеевич — ассистент кафедры «Строительная механика» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, mihail.sherstyukov@mail.ru.

УДК 681.123

*В. Л. Жавнер, И. А. Синеокова*

### **СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ МАССОЙ ДО 5 ГРАММ**

*Изложены результаты исследования техпроцесса дозирования и разработка конструкции дозатора для сыпучих продуктов от 0,2 до 5 г. Рассматриваются два типа дозаторов: с закрытым и открытым мерным объемом.*

**Ключевые слова:** фасование, упаковка, саше, сыпучий продукт, технологический процесс, производительность, алгоритм работы, шиберный дозатор.

Объем операций с сыпучими материалами на предприятиях химической и пищевой промышленности нашей страны исчисляется миллиардами тонн. Значительная часть этих материалов в процессе переработки подвергается процессу дозирования, для которого необходимы тысячи дозирующих установок.

Сыпучие пищевые продукты дозируются на расфасовочно-упаковочных автоматах тремя способами: весовым, объемно-весовым с последующей весовой довеской до требуемой порции и объемным.

Представленные на рынке фасовочного оборудования шнековые, объемные, весовые дозаторы предназначены для дозирования пищевых продуктов от 5 до 3000 грамм (семечек, сухариков, макарон).

Однако автоматы по дозированию продукта от 0,2 до 5 грамм до сих пор актуальны и рынок таких машин находится в поиске новых технологических решений и повышения производительности имеющихся не многочисленных аналогов.

Конструктивное оформление объемных дозаторов достаточно разнообразно, выделим барабанные, фрикционные и шнековые дозаторы.

Объектом исследования работы является техпроцесс дозирования с учетом разработки конструкции дозатора.

Выбираем объемный способ дозирования, так как этот способ является самым простым и наиболее производительным. Конструкция дозатора — фрикционный шиберный.

Поставлены следующие задачи:

1. Методология проектирования на основе системного подхода: бункер-питатель-дозатор.
2. Повышение производительности дозатора.
3. Пути автоматического регулирования объема дозы.
4. Устранение эффекта кинетической энергии продукта и воздуха, возникающего во время операции дозирования.
5. Уменьшение массогабаритных характеристик.

В нашем случае исследуем техпроцесс дозирования пищевых добавок и фармацевтических порошков в плоские бумажные пакетики массой от 0,2 до 5 грамм. Для упаковки продукции используется пакет — типа саше (размер упаковки 50×46 мм), масса дозы составляет от 0,2 до 5 г., «Саше» — это плоский трех- или четырехшовный пакет. Название он получил от французского слова «sachet», что в переводе означает «мешочек».

Процесс дозирования определяется его основными характеристиками:

1. Точность дозирования.
2. Производительность.

Точность дозирования — одна из самых важных характеристик любого дозатора. От нее зависит качество производимой продукции. К точности дозирования устанавливаются различные требования, которые зависят от рода продукта и величины его дозы. На точность дозирования влияют факторы: степень заполнения бункера, неравномерность подачи продукта в дозирующий механизм, дребезг механизма, характер взаимодействия продукта с механизмами самого дозатора, изменение свойств продукта в процессе дозирования под воздействием внешних факторов. Нормы точности на количество фасованной продукции в потребительской таре определяются ГОСТ 8.575.2001.

Погрешность дозирования вычисляют путем взятия проб при установившемся процессе работы дозатора. Оценка точности работы дозатора проводится в процентном соотношении от ее заданного значения.

Правильней всего подходить к выбору дозатора не из требований его точности, а исходя из соответствия конструкции характеру дозируемого продукта, которые определяются его физико-химическими свойствами.

Производительность дозирования — другая важная характеристика процесса дозирования. Она напрямую связана с конструкцией самого дозатора.

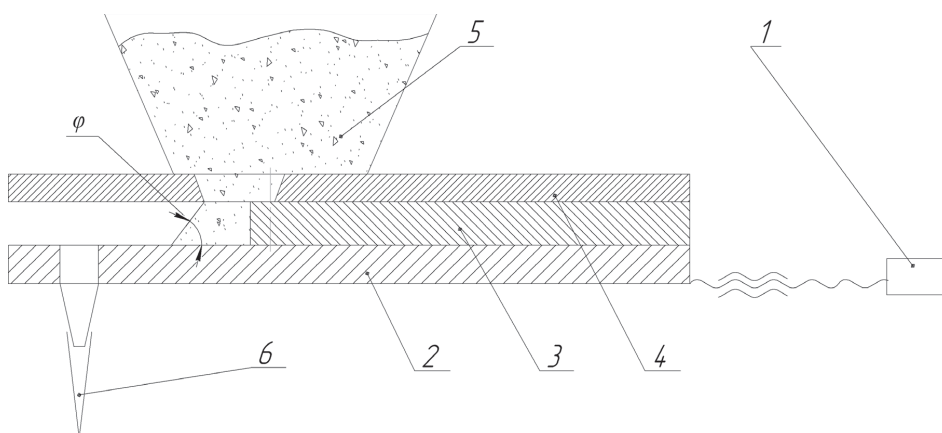
Теоретическую производительность дозатора определяет суммарное время цикла. Цикл дозирования определяется перечисленными технологическими переходами:

1. Наполнение мерного объема,
2. Перенос мерного объема на позицию фасования;
3. Опорожнение мерного объема и заполнение тары;
4. Перенос мерного объема на исходную позицию.

С другой стороны техническая идеология построения фасовочного автомата может уменьшить эту производительность или в лучшем случае ее сохранить.

Выбор конструктивных параметров систем дозирования.

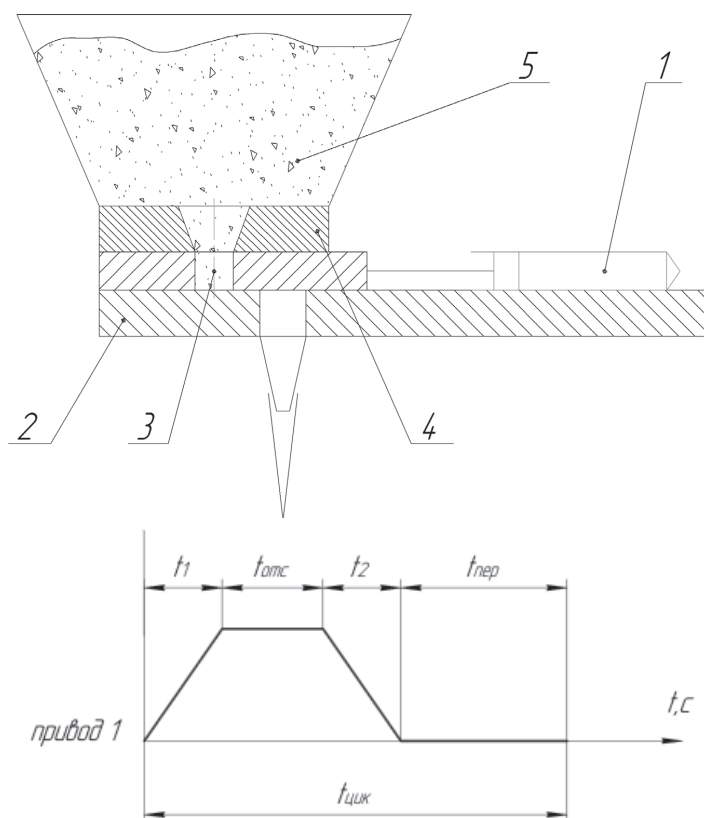
В работе рассматриваются два типа дозаторов: с закрытым и открытым мерным объемом. Оба типа дозаторов обеспечивают возможность корректировки дозы в процессе дозирования. Дозаторы с открытым мерным объемом (рис. 1) позволяют программным путем изменять дозу в широких пределах. Конструктивной особенностью данного вида дозатора является, что одна из сторон мерного объема образуется открытой поверхностью, определяемой углом естественного откоса дозируемого сыпучего продукта. Таким образом, мерный объем ограничен плоскостью естественного откоса сыпучего продукта и торцом шибера. Изменяя расстояния между этими плоскостями, можно, используя сервопривод, программным способом регулировать объем дозы. Дозатор состоит из загрузочного бункера 5, шибера 3, который приводится в действие приводом 1, и расположен между двумя плитами 3 и 4, плита 4 имеет одно загрузочное отверстие, из которого продукт поступает в тару 6.



**Рис. 1.** Шиберный дозатор с открытым мерным объемом

На рис. 2 изображена схема шиберного дозатора с закрытым мерным объемом. Конструкция представляет собой бункер 5, шибер 3, имеющий один мерный объем, шибер приводится в движение пневмоцилиндром 1, плита 2 имеет одно разгрузочное отверстие, через которое продукт поступает в тару. Привод имеет рабочий ход и холостой, это увеличивает время цикла.

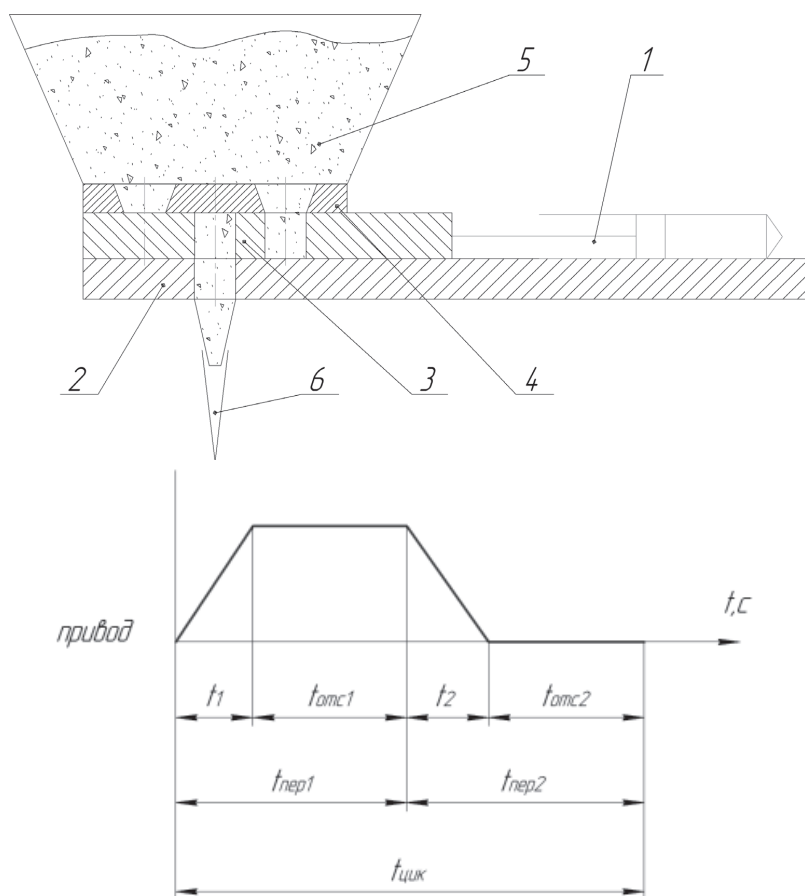
Изображенный на рис. 3 шиберный дозатор относится к дозаторам с закрытым мерным объемом, и состоит из бункера 5, в основании которого имеется два загрузочных отверстия. Расстояние между отверстиями равно шагу между тарой. Шибер 3 имеет два отверстия, шаг между которыми равен половине шага между тарой. Шибер приводится в движение пневмоцилиндром 1, ход которого равен шагу между отверстиями шибера. Под шибером расположена плита 2 с одним отверстием, расположенным над тарой. Диаметры отверстий шибера меньше диаметров загрузочных и разгрузочных отверстий. Изменение объема дозы может обеспечиваться с помощью подпружиненных телескопических стаканов и механизма с программным управлением для изменения расстояния между горизонтальными пластинами.



**Рис. 2.** Шиберный дозатор с закрытым мерным объемом и одним загрузочным отверстием

В исходном положении шибер находится в крайнем левом положении, и левый мерный объем расположен под левым загрузочным отверстием и полностью заполнен. При поступлении сигнала о начале фасования шибер начинает движение вправо. Позиция 2 показывает положение шибера в среднем положении, и имеющим максимальную скорость. Левый мерный объем в следующий момент начнет разгружаться, а правый мерный объем заполняться. На позиции 3 шибер продолжает движение вправо и продолжается разгрузка левого мерного объема и загрузка правого мерного объема. На позиции 4 левый мерный объем совмещен с выпускным отверстием и неподвижен. Происходит окончательная разгрузка мерного объема и загрузка правого мерного объема. Процесс фасования закончится тогда, когда доза сыпучего продукта окажется в таре. Движение шибера влево начнется после поступления под выпускное отверстие тары.

Данная конструкция дозатора имеет самый простой алгоритм работы. Преимущество этого дозатора в отсутствии холостого хода.



**Рис. 3.** Шиберный дозатор с двумя закрытыми мерными объемами

Недостатки конструкции:

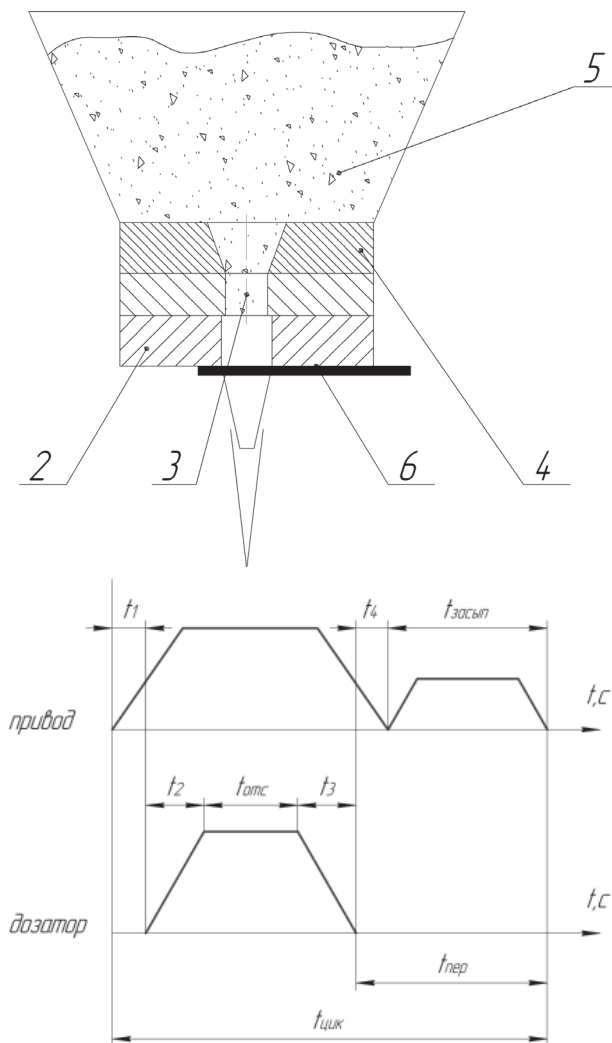
1. Наличие времени выстоя, задержки равной 1,5 с, необходимой для проведения процесса фасования, выражающегося в заполнении пакета.

2. Отсутствие инструментального контроля окончания процесса фасования.

3. Увеличение времени опорожнения мерного объема. В результате удара шибера при достижении крайнего положения масса воздуха в мерном объеме, и масса дозы продукта обладают кинетической энергией. Экспериментально установлено то, что кинетическая энергия воздуха воздействует на нижний слой продукта в загрузочном отверстии и при небольшой высоте слоя продукта в бункере воздух из мерного объема прорывается наружу (похоже на эффект кипящего слоя). Кинетическая энергия сыпучего продукта прижимает его к стенкам мерного объема, увеличивает силу трения между частицами продукта и, как следствие, увеличивает время опорожнения мерного объема.

Учитывая недостатки и характеристики, которые можно улучшить у имеющегося аналога шиберного дозатора, в том числе: габариты, наличие кинетической энергии воздуха при высоких скоростях движения шибера, турбулентное движение порошка при высыпании из цилиндрической формы мерного

объема шибера в плоскую форму — щель пакетика, время выстоя шибера, а также нерентабельность дозирования в плюс дорогого порошка, имеющего определенные погрешности дозирования, не соответствующие которым приводит к необходимости переналадки оборудования, предлагается конструкция дозатора представленная на рисунке 4, которая имеет малый ход, и второй привод, он служит для уменьшения кинетической энергии порошка, возможна оптимальная наладка движения приводов, а в результате уменьшение времени цикла.



**Рис. 4.** Шиберный дозатор — итоговый вариант

Анализируя циклограмму (рис. 3 и рис. 4), можем убедиться, что для предыдущей конструкции во время перемещения тары дозатор не работал. В данном случае во время перемещения тары происходит наполнение мерного объема, и время фасования должно уменьшиться.

Еще одно преимущество конструкции дозатора в том, что отсутствует боковое давление на частицы продукта, так как продукт имеет меньшее вертикальное перемещение. Целесообразно повысить быстродействие привода шиберной заслонки по сравнению с приводом шибера, это возможно, так как масса шиберной заслонки намного меньше массы шибера с мерными объемами.

Получены рекомендации по выбору конструкции дозатора. Итоговый вариант дозатора имеет более высокую производительность по сравнению с аналогами, устранены имеющиеся недостатки.

*V. L. Javner, I. A. Sineokova*

## **DISPENSING EQUIPMENT FOR FILLING BULK PRODUCTS WEIGHING UP TO 5 G**

*The results of technological process of filling bulk products including developing dispensing unit for filling bulk products weighing up from 0,2 to 5 g are determined. Designed circuit and constructive solutions of dispensing unit for filling bulk products. Two types of gate portioners with closed and open dimensional volume are analyzed.*

**Keywords:** Filling, packaging, sashet, bulk products, technological process, performance, algorithm of work, gate portioner.

Жавнер Виктор Леонидович — профессор кафедры «Автоматы» ГОУ ВПО «СПбГПУ», д-р техн. наук, профессор, vjavner@inbox.ru.

Синеокова Ирина Анатольевна — старший преподаватель кафедры «Теория механизмов и машин» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, sineokova\_64@mail.ru.

УДК 66-9

*А. М. Ветлицын, Ю. А. Ветлицын*

## **К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА SiC КАРБИДА КРЕМНИЯ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА**

*Для надежного контроля и управления процессом плавки в автоматизированном производстве карбида кремния смоделировано эмпирическое решение формулы 3, позволяющие найти приблизительное значение температуры в центральной зоне печи сопротивления, где электрическая энергия превращается в тепловую.*

**Ключевые слова:** карбид кремния, автоматизированный контроль, плавка.

1. Промышленный способ производства SiC в печах сопротивления описывается химической схемой углетермического восстановления кремнезема [1].