

УДК 622.235.431.3:662.462

## ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ШНЕКОВОГО МИКРОДОЗИРОВАНИЯ ШТАТНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

*Р. В. Закусило, инж., А. А. Желтоножко, докт. техн. наук, И. Н. Курганский, А. З. Маргарян, инженеры (Государственный научно-исследовательский институт химических продуктов, г. Шостка Сумской области)*

*Розглянуто існуючі способи мікродозування детонуючих сумішей на основі штатних вибухових речовин. Обґрунтовано перспективність використання методу шнекового мікродозування. Визначено кут між вектором швидкості руху гранул і віссю гвинтового каналу.*

*Existing methods of microbatching of detonating mixtures on the basis of standard explosives are considered. Use perspectiveness of screw microbatching method is proved. The angle between velocity vector of granules and axis of the screw channel is defined.*

Микродозирование взрывчатых веществ (ВВ) всегда связано с высокой степенью риска для работающего, поэтому повышение безопасности и надежности этого процесса является актуальной научно-практической задачей.

В настоящее время в Украине для дозирования порошкообразных взрывчатых составов на основе штатных ВВ, используемых при производстве детонирующего волновода (ДВ) к неэлектрической системе инициирования, наиболее часто применяются два способа микродозирования [1].

На начальных стадиях развития технологии производства волновода использовался импульсный способ микродозирования [2]. В этом способе применена система управления, обеспечивающая простое регулирование количества объемных порций промышленных ВВ, а также возможность быстрого перехода от одной производительности дозатора к другой путем изменения размеров паза на движущемся штоке дозатора или изменения частоты хода штока.

В настоящее время чаще всего используется вибрационный способ микродозирования ВВ. Преимуществом вибрационного дозатора в сравнении с импульсным является непрерывность подачи порошка, а также отсутствие движущихся (трущихся) относительно друг друга деталей в местах контакта с ВВ.

При переходе к промышленным масштабам производства ДВ возникла проблема обеспечения стабильности и безопасности процесса микродозирования детонирующего состава (ДС) на основе штатных ВВ (октогена и тэна) [3]. Так, вибрационный микродозатор обеспечивает надежное дозирование только при определенном уровне ДС в загрузочной камере. Поэтому по окончании технологического процесса необходимо удалять ДС из

бункера микродозатора, что предусматривает контакт работающего с ДС, а следовательно, повышает опасность технологического процесса. Еще одним недостатком вибрационного способа дозирования является сложность автоматизации и контроля уровня ДС в бункере.

К недостаткам вибрационного дозатора относится также расслоение ДС на фракции по величине кристаллов (октоген, тэн и сенсibilизатор), что может привести к изменению линейной плотности ДС, нанесенного на основу волновода, к изменению содержания компонентов в ДС, а также повлиять на работоспособность волновода.

Следует отметить и сложность регулирования подачи ДС в ходе технологического процесса. Это объясняется тем, что при изменении частоты вибрации изменяется и ее амплитуда, что делает нелинейной зависимость производительности от частоты вибрации. Автоматизировать процесс микродозирования, увязав скорость получения полимерной основы с производительностью дозатора, весьма сложно. Для этого необходимо определить зависимость производительности дозатора от частоты и амплитуды вибрации, а также установить, как изменение плотности ДС влияет на производительность.

Общим недостатком вышеописанных дозаторов является зависимость режима дозирования от влажности ДС. Даже при заданной влажности состава могут происходить сбои в дозировании в результате залипания порошка на канавке штока импульсного дозатора или на поверхности калиброванного отверстия вибродозатора.

Большинство перечисленных недостатков можно устранить, применив шнековый способ микродозирования. Шнековый микродозатор [4] состоит из материального цилиндра, снабженного рубашкой охлаждения, конического бункера, шнека, снабженного ворошителем, и электродвигателя. Все детали выполнены из цветных металлов для исключения накопления статического электричества в ходе работы дозатора. Кроме того, как материальный цилиндр, так и шнек микродозатора должны иметь заземление.

Перед изготовлением микродозатора были произведены расчеты производительности для различных вариантов шнеков. Схема винтового шнека показана на рисунке.

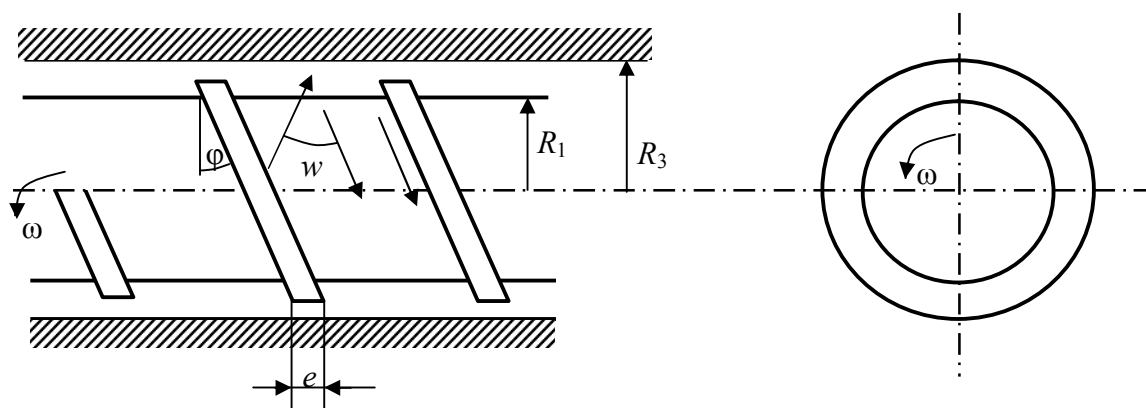


Схема винтового шнека

Производительность дозатора рассчитывалась по формуле [5]

$$Q = \rho \left[ \pi (R_3^2 - R_1^2) - \frac{eh_3}{\operatorname{tg}(\varphi)} \right] \omega R_{\text{cp}} (1 - \operatorname{tg}(\varphi) \operatorname{ctg}(w)) \sin(\varphi) \cos(\varphi),$$

где  $Q$  – производительность дозатора;  $\rho$  – насыпная плотность ДС;  $R_3$  – радиус материального цилиндра дозатора;  $R_1$  – радиус сердечника шнека;  $e$  – ширина выступа нарезки шнека;  $h_3$  – глубина канала шнека;  $\varphi$  – угол подъема винтовой нарезки;  $\omega$  – угловая скорость вращения шнека;  $R_{\text{cp}}$  – средний радиус между  $R_3$  и  $R_1$ ;  $w$  – угол между вектором движения гранул и осью винтового канала шнека.

Одним из неизвестных параметров, который необходимо определить, является угол  $w$ . Эта величина зависит от коэффициента трения между материальным цилиндром и ДС, между ДС и поверхностью шнека, между частичками ДС, от наличия продольных канавок на цилиндре.

Если  $w=0$ , то ДС будет вращаться вместе с шнеком и производительность микродозатора будет равна нулю. Максимальная же производительность достигается при  $w = 90 + \varphi$ , когда вектор движения порошка направлен вдоль оси шнека. Поэтому, чтобы не прибегать к сложным расчетам коэффициентов трения, определению крутящих моментов, давления, возникающего за счет разности крутящих моментов, а также падения прироста давления по длине шнека, следует производить подбор характеристик дозатора при  $w = 90 + \varphi$ , то есть при максимальной производительности, с последующим определением  $w$  в ходе испытаний дозатора.

При подборе характеристик шнека были заданы: производительность 0,25 г/м, соответствующая скорости получения основы волновода 10 м/мин; угловая скорость шнека 192,93 рад/мин, что соответствует 30,72 об/мин (исходя из характеристик используемых двигателей с редукторами).

Подобранный шнек, исходя из заданных условий и насыпной плотности детонирующего состава 300 кг/м<sup>3</sup>, имел следующие характеристики:  $R_3 = 2,1$  мм;  $R_1 = 1,4$  мм;  $e = 0,4$  мм;  $h_3 = 0,7$  мм;  $\varphi = 20^\circ$ . Расчетная производительность составила 0,25 г/мин.

В ходе экспериментов производительность такого дозатора составила 0,16 г/мин, то есть реальный угол  $w$  отличается от угла, заданного для обеспечения максимальной производительности. Используя показатель реальной производительности, вычисляем реальный угол  $w$ , величина которого составила  $88^\circ 53'$ . Величину данного угла необходимо использовать в дальнейшем при проектировании дозаторов, незначительно корректируя угловую скорость шнека.

Поскольку производительность дозатора прямо пропорциональна угловой скорости, несложно определить, что для того, чтобы производительность составила 0,25 г/мин, угловая скорость должна равняться 301,45 рад/мин или 48,23 об/мин.

На экспериментальной установке с угловой скоростью 314 рад/мин (50 об/мин) средняя производительность составила 0,262 г/мин (расчетная скорость – 0,2591 г/мин).

В ходе испытаний дозатора была подтверждена высокая стабильность микродозирования и установлено, что производительность не зависит от уровня ДС в бункере.

Преимуществами шнекового способа дозирования являются:

непрерывность дозирования состава;

отсутствие расслоения ДС на фракции и дополнительное перемешивание ДС ворошителем в процессе дозирования;

прямая зависимость производительности от скорости вращения шнека дает возможность полностью автоматизировать линию по производству волновода и исключить нахождение человека в опасной зоне в ходе технологического процесса, что повышает безопасность труда;

прямая зависимость производительности шнекового микродозатора от насыпной плотности ДС позволяет легко корректировать объемы дозирования, не прибегая к сложным вычислениям, как в случае с вибрационным дозатором;

изменение влажности и процентного соотношения компонентов ДС не влечет за собой нарушения процесса дозирования.

### Выводы

Рассмотрены существующие способы микродозирования штатных ВВ, доказано преимущество шнекового способа дозирования ВВ, определен угол между вектором скорости движения гранул и осью винтового канала, с помощью которого можно провести более точный расчет шнековых дозаторов для порошкообразных ДС на основе октогена и тэна.

1. *Создание неэлектрической системы* инициирования в Украине / Б. И. Шаров, В. Н. Филимонов, В. В. Банишевский, В. К. Лукашев, И. Н. Курганский, Р. В. Закусило / Сб. науч. трудов Национальной горной академии Украины. – № 11. – Т. 3. – Днепропетровск, 2001. – С. 108–113.

2. *Пат. України 59631 А, МКИ G01F 11/00. Пристрій для мікродозування* / Б. І. Шаров, І. М. Курганський, Р. В. Закусило – Заявл. 24.10.2001; Опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9. – 2 с.

3. *Создание и развитие производств для народного хозяйства эффективных экологически чистых взрывчатых веществ и средств инициирования с использованием сырьевых ресурсов и производственной базы Украины: Отчет о НИР (заключительный)* / ГосНИИХП; Руководитель А. А. Желтоножко. – Док. № 415-96/07; № ГР 0197ИО018438; Инв. № 656-0. – Шостка, 1997. – 443 с.

4. *Пат. України 63390 А, МПК G01F 11/00. Пристрій для мікродозування* / А. А. Желтоножко, В. К. Лукашев, І. М. Курганський, Р. В. Закусило, А. З. Маргарян.

5. *Бортников В. Г. Основы технологии переработки пластических масс.* – Л.: Химия, 1983. – 304 с.