

М. С. Василишин, О. С. Иванов, А. А. Кухленко, С. Е. Орлов, А. Г. Карпов

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА УНОС ДИСПЕРСНЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО СЛОЯ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), Россия, Алтайский край, Бийск, e-mail: ipcet@mail.ru

Исследовано влияние частоты пульсации, скорости оживающего агента, а также высоты слоя на унос медицинской аскорбиновой кислоты и гамма-аминомасляной кислоты (аминалон) из установки с пульсирующим слоем. Предложена эмпирическая зависимость для расчёта величины уноса.

Ключевые слова: медицинская аскорбиновая кислота; аминалон; пульсирующий слой; унос.

Процессы сушки и грануляции дисперсных фармацевтических материалов в псевдооживленном слое неизбежно связаны с уносом некоторой части обрабатываемых продуктов из технологической аппаратуры. В случае обработки тонкодисперсных материалов эти потери могут достигать значительных величин, что негативно сказывается как на качестве готовой продукции, так и на технико-экономических показателях производства в целом.

Фактором, определяющим величину уноса из псевдооживленного слоя, является положительная разность между рабочей скоростью фильтрации и скоростью витания наиболее мелких фракций обрабатываемого материала [1]. Уменьшение этой разности, а следовательно, и значительное сокращение уноса возможно при обработке дисперсного продукта в пульсирующем слое. В этом случае устойчивое псевдооживление наблюдается при средних скоростях газовой фазы на 15–20 % меньше, чем в случае её стационарной подачи.

Снижение уноса при обработке некоторых фармацевтических материалов в пульсирующем слое отмечено в ряде работ [2–4]. Однако в них не приводятся сведения по расчёту, собственно, величины уноса и влиянию на неё режимных параметров процесса.

Нами выполнена оценка влияния технологических параметров обработки на унос медицинской аскорбиновой кислоты (I) и гамма-аминомасляной кислоты (аминалон, II) из пульсирующего слоя, а также получена эмпирическая зависимость для расчёта величины уноса.

Экспериментальная часть

Изучение закономерностей уноса I и II из пульсирующего слоя проводили на установке, схема которой показана на рис. 1.

Исследуемые воздушно-сухие материалы подвергались импульсному псевдооживлению в цилиндрической рабочей камере 1 из кварцевого стекла. Внутренний диаметр камеры $D = 0,1$ м, а её высота $H = 0,46$ м. Камера снабжалась набором беспровальных перфорированных решёток с долей “живого” сечения 20, 25 и 30 %. Пульсирующая подача воздуха осуществлялась

от воздуходувки 2 при помощи электромеханического клапана-пульсатора 3 роторного типа, снабжённого электронной системой управления 4. Расход воздуха регулировали заслонкой 5 на напорном трубопроводе. Отработанный воздух очищался в рукавном фильтре 6, а уносимый материал собирался в съёмном контейнере 7.

В экспериментах использовалась I, выпускаемая в соответствии с ФС 42-0218-07 и II по ФСП 42-00-34632205, производства ОАО “Органика”. Некоторые структурно-механические характеристики материалов приведены в таблице.

Расход воздуха на псевдооживление измеряли термоанемометром TESTO-425 (Германия), а его относительную влажность — прибором ТК-5.06 (Россия). Фракционный состав материалов определяли при помощи оптического анализатора размеров частиц PIP 9.1 (Китай), а их исходную влажность — анализатором MB-23 (Швейцария). Массу загружаемого в рабочую камеру материала и собираемого в контейнере уноса оценивали на аналитических весах KERN 572-33 (Германия).

Скорость воздуха в отдельных экспериментах составляла $w = 0,04 - 0,12$ м/с, а частота его пульсации $f = 0,5 - 5,0$ Гц при скважности импульса $\psi = 0,5$. Высоту неподвижного слоя изменяли в диапазоне $H_{ст} = 0,05 - 0,14$ м. Относительная влажность воздуха ϕ не превышала 50–54 %.

Исследуемые материалы псевдооживлялись в импульсном режиме в течение времени $\tau = 1800$ с, после чего определялась величина уноса. В сравнительных экспериментах оценивался унос из обычного псевдооживленного слоя и пульсирующего при одинаковой степени расширения.

Результаты и их обсуждение

Как показано в [1], на величину уноса влияет характер и скоростной режим подачи оживающего агента, фракционный состав и прочностные характеристики обрабатываемого материала, а также конструктивные особенности рабочей камеры аппарата.

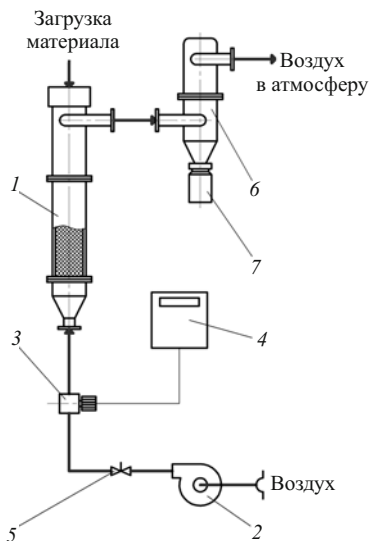


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — рабочая камера; 2 — воздуходувка; 3 — клапан-пульсатор; 4 — электронная система управления; 5 — заслонка; 6 — рукавный фильтр; 7 — контейнер

На рис. 2 представлено влияние частоты пульсации воздуха на величину уноса I и II из слоя. Как следует из полученных данных, при фиксированных значениях скорости воздуха и высоты неподвижного слоя, унос снижается с увеличением частоты пульсации. Визуальными наблюдениями за расширением слоя исследуемых материалов установлено, что в области низких частот пульсации (0,5–1,0 Гц) оно максимально, а в диапазоне от 2,0 до 5,0 Гц, наоборот, — минимально. Очевидно, что наблюдаемое снижение уноса объясняется как уменьшением расширения самого слоя, так и снижением высоты локальных выбросов материала в надслоевое пространство.

С увеличением скорости воздуха унос как I, так и II из рабочей камеры аппарата возрастает (см. рис. 3). Следует отметить, что для низких частот пульсации возрастание уноса выражено более заметно, чем для высоких. Очевидно, что при увеличении скорости воздуха, некоторая его часть проходит слой в фазе пузырей. Увеличение их количества и размеров ведёт к рос-

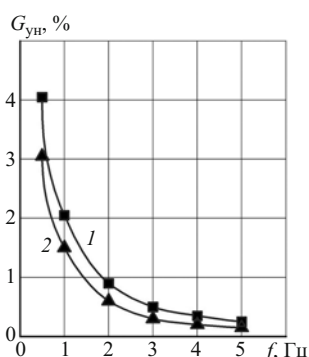


Рис. 2. Влияние частоты пульсации f на величину уноса $G_{ун}$ I и II из слоя: 1 — I при $w = 0,1$ м/с; $H_{сл} = 0,1$ м; 2 — II при $w = 0,04$ м/с; $H_{сл} = 0,08$ м.

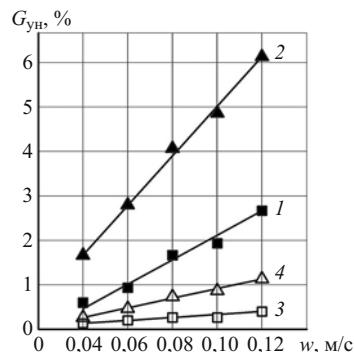


Рис. 3. Влияние скорости воздуха w на величину уноса $G_{ун}$ I и II из слоя: 1 — I при $H_{сл} = 0,1$ м; $f = 1$ Гц; 2 — II при $H_{сл} = 0,08$ м; $f = 1$ Гц; 3 — I при $H_{сл} = 0,1$ м; $f = 5$ Гц; 4 — II при $H_{сл} = 0,08$ м; $f = 5$ Гц

ту частоты выбросов обрабатываемого материала в надслоевое пространство и увеличивает унос.

Напротив, при увеличении начальной высоты слоя унос снижается (см. рис. 4). По-видимому, это объясняется сглаживанием эффекта неравномерности газораспределения на решётке и отсутствием в слое крупных пузырей, заметно увеличивающих унос материала из аппарата. Однако при повышенных частотах пульсации воздуха влияние высоты слоя на унос практически исчезает. Влияния доли “живого” сечения газораспределительной решётки на унос I и II из пульсирующего слоя не обнаружено. Сравнительные эксперименты по оценке уноса исследуемых материалов из псевдооживленного и пульсирующего слоя показали, что при равной степени расширения, унос из последнего на 12 – 15 % меньше. Обработка полученных экспериментальных данных по методу наименьших квадратов [5] показала их воспроизводимость, при этом относительная погрешность измерений величины уноса не превышала 8 %.

Расчётные значения величины уноса оценивали с использованием уравнения кинетики, предложенного в [6].

$$G_{ун} = G_0 c_0 \cdot \frac{1 - \exp(-kt)}{1 - c_0 \exp(-kt)}, \quad (1)$$

где G_0 — начальное количество материала в слое, кг; c_0 — исходная концентрация мелочи в слое, в долях от единицы; k — константа скорости уноса, 1/с.

Для расчёта k получена эмпирическая зависимость:

$$k = 1,3 \cdot 10^{-8} Fr^{0,23} St^{1,5} \left(\frac{H_{сл}}{D} \right)^{-0,64}, \quad (2)$$

Структурно-механические характеристики материалов

Материал	Истинная плотность $\rho_{тв}$, кг/м ³	Эквивалентный размер частиц $d_{ч} \cdot 10^3$, м	Угол естественного откоса γ , °
I	1656	0,24	30
II	1230	0,15	26

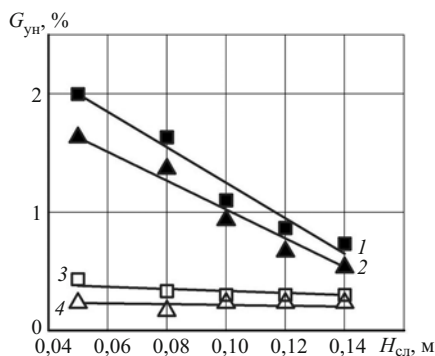


Рис. 4. Влияние высоты слоя $H_{сл}$ на величину уноса $G_{ун}$ I и II: 1 — I при $w = 0,06$ м/с; $f = 1$ Гц; 2 — II при $w = 0,04$ м/с; $f = 1$ Гц; 3 — I при $w = 0,06$ м/с; $f = 5$ Гц; 4 — II при $w = 0,04$ м/с; $f = 5$ Гц

где $Fr = \frac{w^2}{gd'}$ — критерий Фруда; $Sth = (d_q \cdot f)/w$ — модифицированный критерий Струхалы.

Определение предельного диаметра частиц, уносимых из слоя, проводили по уравнению [1]:

$$d' = 4,243 \sqrt{\frac{w\mu}{\rho_{тв}}}, \quad (3)$$

где μ — динамический коэффициент вязкости воздуха, Па · с.

Сопоставление опытных и рассчитанных по уравнениям (1–3) значений величины уноса I и II из рабочей камеры с пульсирующим слоем (см. рис. 5) показывает, что их сходимость находится на уровне 17–22%. Следует однако отметить, что область применения уравнения (2) ограничивается диапазоном изменения технологических параметров процесса в проведённых экспериментах: $Fr = 1,6 - 26,8$; $Sth = (0,75 - 30,0) \cdot 10^{-3}$ и $(H_{сл}/D) = (5 - 12) \cdot 10^{-2}$.

Таким образом, в результате выполненного исследования установлена степень влияния некоторых ре-

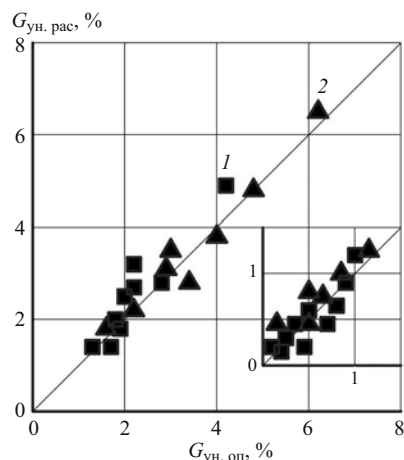


Рис. 5. Сопоставление опытных и рассчитанных значений величины уноса I и II из слоя: 1 — I; 2 — II

жимных параметров на унос I и II из пульсирующего слоя. Полученные расчётные зависимости могут оказаться полезными при проектировании соответствующей технологической аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Гельперин, В. Г. Айнштейн, В. Б. Кваша, *Основы техники псевдооживления*, Химия, Москва (1967), с. 149.
2. А. Д. Алексеев, Ю. А. Янович, *Известия Томского политехнического института*, № 175, 188–191 (1971).
3. С. С. Забродский, Е. Ф. Туфлин, И. А. Бокун и др., *Хим.-фарм. журн.*, № 9, 27–29 (1967).
4. М. С. Василишин, Ф. В. Гусс, З. Б. Подсевалова и др., *Хим.-фарм. журн.*, **33**(6), 45–47 (1999).
5. О. М. Тодес, *Аппараты с кипящим зернистым слоем: Гидравлические и тепловые основы работы*, Химия, Ленинград (1981), с. 202.
6. Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов, *Таблицы математической статистики*, Наука, Москва (1965), с. 474.

Поступила 22.07.13

INFLUENCE OF PROCESSING REGIMES ON THE ABLATION OF DISPERSE MEDICINAL FORMS FROM PULSING LAYER

M. S. Vasilishin*, O. S. Ivanov, A. A. Kukhlenko, S. E. Orlov, and A. G. Karpov¹

Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Biysk, Altai Krai, 659322 Russia;

* e-mail: ipcet@mail.ru

The influence of the pulsation frequency, speed of fluidizing agent, and layer height on the ablation of a medical ascorbic acid and gamma-aminobutyric acid (aminalon) from setup with a pulsing layer has been investigated. An empirical dependence for calculation of the magnitude of ablation is proposed.

Keywords: medicinal ascorbic acid; aminalon; pulsing layer; ablation