

М. С. Василишин¹, О. С. Иванов¹, А. Г. Карпов¹, Н. П. Криволицкая²,
Д. В. Тихонов²

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ АМИНАЛОНА ПРИ ЕГО ОБРАБОТКЕ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ СЛОЕ

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), Алтайский край, Бийск, Россия, E-mail: ipcet@mail.ru;

² Открытое акционерное общество “Федеральный научно-производственный центр “Алтай” (ОАО “ФНПЦ “Алтай”), Алтайский край, Бийск, Россия, E-mail: post@frpc.secna.ru

Выполнена оценка влияния технологических режимов на величину потенциала статического электричества при обработке аминалона в пульсирующем слое. Отмечен факт значительного снижения потенциала по сравнению с обработкой в псевдооживленном слое.

Ключевые слова: аминалон (гамма-аминомасляная кислота); пульсирующий слой; статическая электризация.

Процессы обработки дисперсных фармацевтических материалов в псевдооживленном слое (приготовление смесей, грануляция, сушка и т.п.) могут сопровождаться накоплением в рабочей камере аппарата значительных по величине зарядов статического электричества [1 – 3]. В некоторых случаях это вызывает гидродинамическую неустойчивость слоя, связанную с агломерацией обрабатываемых продуктов, их залеганием на газораспределительной решётке и, как следствие, приводит к нарушению регламентных режимов работы аппаратуры. Иногда создаётся реальная опасность возникновения искровых разрядов с последующим взрывом взрывзвеси.

Изучению вопроса электризации дисперсных материалов в псевдооживленном слое посвящено сравнительно небольшое число работ [4 – 7], в которых предприняты попытки теоретического обоснования механизма этого явления и изучения влияния различных факторов на кинетику процесса. Отмечается, что одной из причин электризации могут быть высокие скорости ожигающего агента, присущие развитому псевдооживленному слою и обеспечивающие требуемый режим перемешивания дисперсного материала.

Вместе с тем известно [8 – 10], что интенсификация перемешивания целого ряда дисперсных материалов может быть достигнута путём пульсирующей подачи ожигающего агента. При этом устойчивое псевдооживление наблюдается при существенно меньших скоростях, чем в случае его стационарной подачи. Использование техники пульсирующего слоя может оказаться полезным в плане снижения уровня напряжённости электростатического поля в аппарате при обработке дисперсных фармацевтических материалов.

Экспериментальная часть

Исследование статической электризации аминалона (гамма-аминомасляной кислоты) при обработке в пульсирующем слое проводили на установке, схема которой показана на рис. 1.

Установка включает в себя аппарат 1 с пульсирующим слоем, снабжённый сменными цилиндрическими рабочими камерами: электроизолированной (из кварцевого стекла) и заземлённой (из нержавеющей стали). Внутренний диаметр камер — 0,1 м, высота — 0,46 м. Камеры снабжены беспровальными металлическими газораспределительными решётками с долей “живого” сечения 30 %.

Прерывистая подача ожигающего агента (воздуха) производится при помощи электромеханического клапана-пульсатора 2 роторного типа с электронной системой управления 3 и напорной газодувки 4. Отработанный воздух очищается в рукавном фильтре 5 со съёмным контейнером 6 для сбора унесённого продукта. Фильтр подключен к вентилятору 7, обеспечивающему вывод отработанного воздуха из установки. Потенциал электростатического поля в рабочей камере регистрируется измерителем 8.

В ходе экспериментов фиксировали основные технологические параметры процесса, а также величину потенциала статического электричества. Скорость воздуха и его температуру контролировали термоанемометром “TESTO-425” (Германия) с погрешностью $\pm 0,03$ м/с и $\pm 0,5$ °С соответственно. Относительную влажность воздуха определяли прибором ТК-5.06 (ООО “Техно-АС”, Россия) с погрешностью $\pm 0,5$ %. Потенциал электризации внешней поверхности рабочих камер определяли при помощи измерителя электростатического потенциала ИЭП (разработчик — ОАО “ФНПЦ “Алтай”) с погрешностью ± 15 %.

Работа прибора основана на принципе электростатической индукции. При внесении датчика в электростатическое поле заряженного объекта на его чувствительном элементе (затвор полевого транзистора КП 305) индуцируется потенциал, который приводит к разбалансу дифференциального каскада. Сигнал разбаланса выделяется на разгрузочных резисторах измерительного блока и фиксируется выходным показывающим прибором. Шкала прибора позволяет опреде-

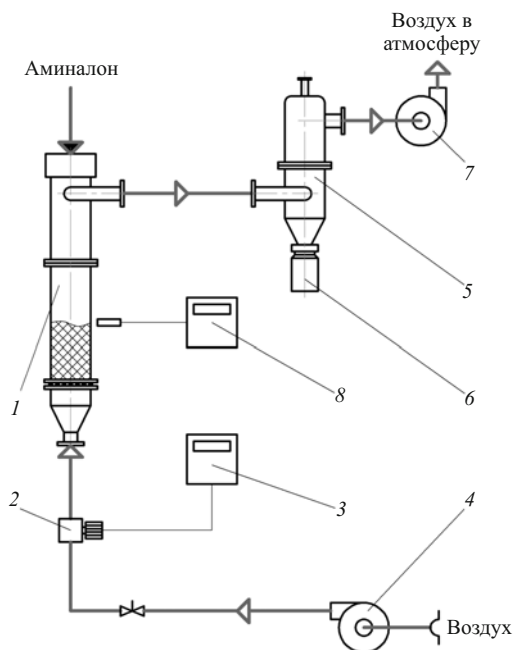


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — аппарат с пульсирующим слоем; 2 — клапан-пульсатор; 3 — электронная система управления; 4 — газодувка; 5 — рукавный фильтр; 6 — съемный контейнер; 7 — вентилятор; 8 — измеритель электростатического потенциала (ИЭП).

лять не только величину потенциала электризации исследуемого объекта (0 – 10 кВ), но и полярность электростатических зарядов.

В экспериментах использовали фармакопейный аминалон, выпускаемый в соответствии с ФСП 42-00-34632205 ОАО “Органика”, г. Новокузнецк. Продукт характеризуется следующими показателями: истинная плотность $\rho = 1230 \text{ кг/м}^3$, эквивалентный диаметр частиц $d_{\text{ч}} = 10^{-4} \text{ м}$, удельное объемное сопротивление $\rho_{\text{V}} = 4,9 \cdot 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Известно [2, 5], что при псевдооживлении материалов, обладающих диэлектрическими свойствами, имеет место асимметричное заряджение. При этом элементы рабочей камеры аппарата и газораспределительная решётка приобретают заряды одного знака, а частицы обрабатываемого материала — противоположного. Наблюдаемая величина потенциала и его полярность определяются свойствами материала и режимом обработки.

В ходе экспериментов прибором ИЭП измеряли величину потенциала электростатического поля на стенке рабочей камеры аппарата. Потенциал в слое обрабатываемого продукта принимали равным замеренному на стенке и противоположным по знаку. Предварительными опытами установлено, что максимальные значения потенциала наблюдаются на уровне, примерно соответствующем высоте неподвижного слоя материала в рабочей камере. Именно в этой точке размещался датчик прибора.

Эксперименты по импульсному псевдооживлению аминалона в незаземлённой рабочей камере из кварцевого стекла показали наличие сильной электризации продукта. Так, в некоторых экспериментах величина

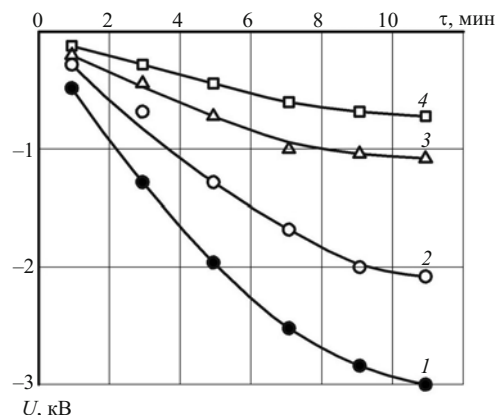


Рис. 2. Кривые электризации аминалона при различных значениях частоты пульсации f : 1 — 0 Гц (псевдооживленный слой); 2 — 1 Гц; 3 — 3 Гц; 4 — 5 Гц. Скорость воздуха $w = 0,19 \text{ м/с}$. Высота слоя $H_{\text{сл}} = 0,1 \text{ м}$. Относительная влажность воздуха $\varphi = 50 \%$. Материал рабочей камеры — сталь 12X18H10T.

потенциала к 6–10 мин обработки достигала — 10 кВ. При этом наблюдалось интенсивное налипание материала на внутреннюю поверхность рабочей камеры, каналообразование в слое и нарушение нормального режима псевдооживления.

В дальнейшем эксперименты проводили с использованием заземлённой рабочей камеры, выполненной из нержавеющей стали 12X18H10T. Изучали влияние частоты пульсации воздуха, скорости его подачи, а также относительной влажности на величину установившегося потенциала статического электричества. Полученные кривые электризации аминалона представлены на рис. 2–4.

Установлено, что среднее время стабилизации потенциала в рабочей камере аппарата не превышает 9–15 мин. Увеличение частоты пульсации воздуха в диапазоне от 1 до 5 Гц (см. рис. 2) способствовало уменьшению потенциала с 2,15 до 0,75 кВ. По-видимому, это объясняется улучшением условий контактирования аминалона с заземлённой стенкой рабочей камеры. Действительно, с ростом частоты пульсации уменьшается крупномасштабная циркуляция частиц в слое, при этом его порозность уменьшается. В результате в контакте со стенкой одновременно находится большее количество частиц, чем в случае обычного псевдооживления.

Сравнительный эксперимент по оценке величины достигаемого потенциала в псевдооживленном и пульсирующем с частотой 5 Гц слое аминалона показал, что в последнем случае эта величина при прочих равных условиях более чем в 3,5 раза ниже.

Увеличение скорости воздуха от 0,19 до 0,3 м/с при частоте пульсации 3 Гц (см. рис. 3) приводило к тому, что потенциал электризации возрастал в 2,4 раза. Очевидно, причиной является рост порозности слоя, обусловленный появлением в нём крупных воздушных пузырей, наличие которых ухудшает условия отвода электростатических зарядов с частиц аминалона через стенку рабочей камеры.

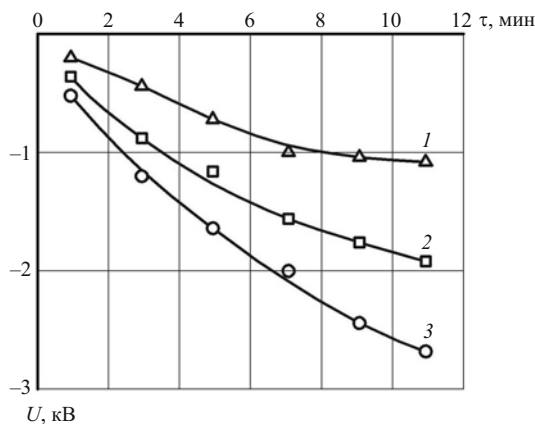


Рис. 3. Кривые электризации аминалона при различных значениях скорости воздуха w : 1 — 0,19 м/с; 2 — 0,25 м/с; 3 — 0,3 м/с. Частота пульсации $f = 3$ Гц. Высота слоя $H_{\text{сл}} = 0,1$ м. Относительная влажность воздуха $\phi = 50$ %. Материал рабочей камеры — сталь 12X18H10T.

На величину потенциала электризации значительное влияние оказывает относительная влажность воздуха. Аминалон является гигроскопичным материалом, вследствие чего при определённых условиях на поверхности частиц возможно образование адсорбированных слоёв влаги, которые изменяют его объёмное удельное электрическое сопротивление в сторону уменьшения. При этом условия отвода электростатических зарядов из слоя значительно улучшаются, а величина наблюдаемого потенциала в рабочей камере уменьшается.

На рис. 4 показано влияние относительной влажности воздуха на величину установившегося потенциала статического электричества при обработке аминалона в пульсирующем слое. Увеличение относительной влажности воздуха ведёт к снижению потенциала в рабочей камере. Эта тенденция отмечена во всём исследованном диапазоне частот пульсации воздуха.

Таким образом, показано, что применение пульсирующей подачи оживающего агента при обработке аминалона позволяет значительно уменьшить величину потенциала статического электричества по сравнению с обычным псевдооживленным слоем. Получен-

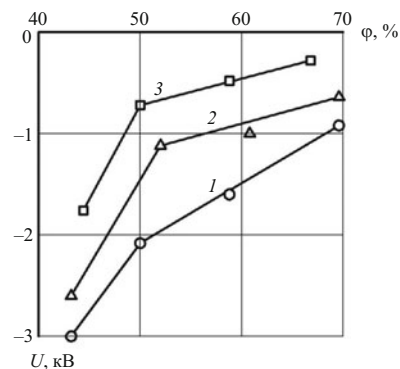


Рис. 4. Влияние относительной влажности воздуха ϕ на величину потенциала U в рабочей камере аппарата при различных значениях частоты пульсации f : 1 — 1 Гц; 2 — 3 Гц; 3 — 5 Гц. Скорость воздуха $w = 0,19$ м/с. Высота слоя $H_{\text{сл}} = 0,1$ м. Материал рабочей камеры — сталь 12X18H10T.

ные данные могут быть полезны при обосновании выбора технологических режимов обработки продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Г. Голубев, Б. С. Сажин, Е. Р. Валашек, *Сушка в химико-фармацевтической промышленности*, Медицина, Москва (1978).
2. С. И. Таубкин, И. С. Таубкин, *Пожаро- и взрывоопасность пылевидных материалов и технологических процессов их переработки*, Химия, Москва (1976).
3. Л. Лёб, *Статическая электризация*, Госэнергоиздат, Москва (1963).
4. В. Н. Кисельников, В. В. Вялков, В. М. Филатов, *Изв. ВУЗов, Химия и хим. технол.*, № 6, 964 – 969 (1966).
5. В. Л. Ганжа, *Автореф. дис. канд. техн. наук*, Минск (1968).
6. В. К. Абрамян, *Автореф. дис. канд. техн. наук*, Ленинград (1968).
7. J. Ciborowski, A. Wlodarski, *Chem. Eng. Sci.*, № 17, 23 – 32 (1962).
8. В. Г. Айнштейн, А. П. Баскаков, Б. В. Берг и др., *Псевдооживление*, Химия, Москва (1991).
9. М. С. Василишин, Ф. В. Гусс, З. Б. Подсевалова и др., *Сб. тез. докладов международной конференции по химической технологии ХТ'07*, т. 2, Москва (2007), сс. 120 – 122.
10. М. С. Василишин, О. С. Иванов, А. А. Кухленко и др., *Хим.-фарм. журн.*, 46(8), 54 – 56 (2012).

Поступила 17.12.12

STUDYING STATIC ELECTRIZATION OF AMINALONE DURING ITS PROCESSING IN A PULSATING LAYER

M. S. Vasilishin¹, O. S. Ivanov¹, A. G. Karpov¹, N. P. Krivolutskaya², and D. V. Tikhonov²

¹ Institute for problems of Chemical and Energetic Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Biysk, Altay region, 659322 Russia;

² Federal Research and Production Center ALTAI, Biysk, Altai Krai, 659322 Russia;

* e-mail: ipcet@mail.ru

The influence of technological regimes on static electric potential during the processing of aminalone in a pulsating layer has been studied. A significant decrease in the potential as compared to that in a fluidized bed has been established.

Keywords: aminalone (gamma-aminobutyric acid); pulsating layer; static electrization