

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.27

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА АКУСТИЧЕСКОЙ
КОАГУЛЯЦИИ АЭРОЗОЛЕЙ

В. А. Беленький, В. И. Тимошенко, Т. Я. Федорук

Очистка газов от пыли в сталеплавильном производстве с продувкой ванн кислородом затруднена вследствие высокой дисперсности частиц аэрозолей, весовой медианный размер которых близок к 1—1,5 мкм.

Для нахождения путей повышения эффективности работы газоочистительных аппаратов было проведено исследование укрупнения частиц пыли в звуковом поле. Исследование проводилось на полупромышленной установке производительностью 2000 м³/час в конвертерном цехе Ждановского металлургического завода им. Ильича. Коагуляционная колонна установки представляла собой шестиметровую трубу диаметром 250 мм. В качестве источников звука служили статическая сирена НИИХИММАШ и динамическая сирена УЗГ-7Г. Установка позволяла автоматически регулировать и регистрировать все необходимые параметры.

Задача исследования — выявление влияния на эффективность процесса коагуляции следующих факторов: концентрации пыли, температуры пылегазового потока, частоты и интенсивности звукового поля, а также времени озвучивания.

При этом ставилась задача получения математического описания процесса в виде уравнения регрессии.

Эксперимент был спланирован как полный, факторный, активно-пассивный типа 2^h с подсчетом минимально-необходимого числа опытов и разбивкой диапазона варьирования на участки [1]. Диапазоны варьирования аргументов при этом составляли: для концентрации пыли в потоке $c = 3 \div 13$ г/м³, для температуры пылегазового потока $t = 50 \div 250^\circ$ С, для интенсивности звукового поля $I = 0,1 \div 0,6$ вт/см²; для частоты излучения $f = 4 \div 16$ кгц и для времени озвучивания $\tau = 0,5 \div 3,0$ сек. Эффективность акустической коагуляции оценивалась по изменению весового содержания C_2 частиц размером до 2 мкм.

После обработки экспериментальных данных на ЭВМ «Минск-22» было получено уравнение регрессии

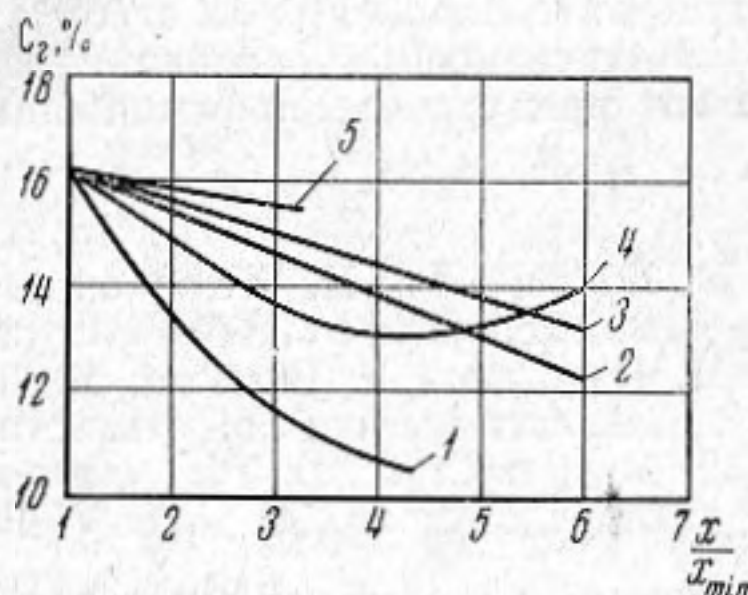
$$C_2 = A_0 + A_1 t + A_2 c + A_3 \tau + A_4 I + A_5 f + A_6 t^2 + A_7 c^2,$$

где $A_1 \div A_7$ — коэффициенты регрессии при соответствующем параметре, A_0 — свободный член. В стандартизованном масштабе уравнение имеет вид

$$C_2 = 23,687 - 0,050734t - 1,3104c - 1,5354\tau - 5,9668I - \\ - 0,095094f + 0,0001211t^2 + 0,046588c^2.$$

Коэффициенты частной корреляции между функцией и аргументами составляют 0,75 — 0,3. Значение граничного коэффициента корреляции при 70 опытах и t -распределении выборки равно $r_{0,01} = 0,3$ [2]. Значение коэффициента множественной корреляции с достоверностью 99% $R = 0,944 \pm 0,039$. Высокое значение коэффициента указывает на полный учет всех факторов, существенно влияющих на процесс.

На фигуре представлены кривые, показывающие влияние каждого из параметров на содержание в потоке фракции пыли до 2 мкм. По оси абсцисс отложены отноше-



ния значений аргументов x к минимальному значению в варьируемом диапазоне x_{\min} . Минимальные значения аргументов составляют: для концентрации пыли $c_{\min} = 3 \text{ г/м}^3$, для температуры пылегазового потока $t_{\min} = 50^\circ \text{С}$, для интенсивности звукового поля $I_{\min} = 0,1 \text{ вт/см}^2$, для времени озвучивания $\tau_{\min} = 0,5 \text{ сек}$ и для частоты $f_{\min} = 4 \text{ кгц}$. Как видно из фигуры, концентрация пыли (кривая 1) существенно сказывается на процесс коагуляции, особенно в диапазоне до $8-10 \text{ г/м}^3$. В дальнейшем эффективность процесса снижается из-за значительного поглощения звуковой энергии аэрозодем.

Оценивая влияние интенсивности звукового поля (кривая 2) и времени озвучивания (кривая 3), следует считать рациональным для сокращения энергетических затрат увеличение времени озвучивания путем использования существующих газопроводов промышленных установок. Это особенно эффективно в случае ведения процесса на низких частотах, когда коэффициент затухания невысок и имеется возможность использования явления резонанса самих газопроводов.

Наиболее целесообразным диапазоном температур пылегазового потока для процесса акустической коагуляции является интервал $100-250^\circ \text{С}$ (кривая 4).

Частота звука мало влияет на эффективность процесса (кривая 5), что является экспериментальным подтверждением теории гидродинамического взаимодействия частиц полидисперсного аэрозоля в звуковом поле [3]. Приведенные результаты позволяют поэтому сделать вывод о целесообразности применения низкочастотных излучателей, имеющих большой к.п.д. и значительно большую надежность.

Анализ полученного уравнения регрессии показывает, что уже при минимальных значениях аргументов содержание частиц фракции до 2 мкм составляет 16% , в то время как в неозвученном потоке частиц данной фракции содержится 60% . Увеличение времени озвучивания до 3 сек , интенсивности до $0,6 \text{ вт/см}^2$ и концентрации аэрозоля до 13 г/м^3 при температуре потока 250°С позволит снизить содержание мелких фракций до $0,6\%$ при увеличении медианного диаметра агрегатов до $10-15 \text{ мкм}$. При использовании полученного уравнения регрессии был рассчитан режим для повышения эффективности работы электрофильтра при предварительном укрупнении частиц пыли звуковым полем в подводных газопроводах. Расчеты показали, что для эффективной работы электрофильтра при запыленности пылегазового потока до 5 г/м^3 и температуре 250°С необходимо проводить озвучивание в течение $1,5-2 \text{ сек}$ полем интенсивностью $0,2 \text{ вт/см}^2$.

Полученное на основании эксперимента уравнение регрессии может использоваться при расчете промышленных коагуляционных акустических установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Налимов, Н. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., «Наука», 1965.
2. М. Кнотек, Р. Войта, И. Шефц. Анализ металлургических процессов методами математической статистики. М., «Металлургия», 1968.
3. Л. Меркулов, В. Тимошенко. О взаимодействии аэрозольных частиц в акустическом поле. Сб. докл. VI Всес. акуст. конф. М., 1968.

Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт по очистке технологических газов, сточных вод и использованию вторичных энергоресурсов предприятий черной металлургии
Донецкий филиал

Поступила
10 сентября 1971 г.

УДК 534.26

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАДАЧИ О ДИФРАКЦИИ НА КРУГЛОМ ДИСКЕ

Л. Н. Бражникова, В. Г. Сологуб

Рассмотрим задачу о дифракции плоской волны, наклонно падающей на идеально жесткий бесконечно тонкий экран в виде круглого диска радиуса a . Как известно, решение этой задачи можно искать в виде

$$U(\rho, \varphi, \zeta; \kappa) = e^{i\kappa(\rho \cos \varphi \sin \alpha + \zeta \cos \alpha)} + V(\rho, \varphi, \zeta; \kappa),$$

$$V(\rho, \varphi, \zeta; \kappa) = \frac{|\zeta|}{\zeta} \sum_{m=-\infty}^{\infty} i^m e^{im\varphi} \int_0^{\infty} x_m(\lambda) J_m(\lambda \rho) e^{i\sqrt{\kappa^2 - \lambda^2} |\zeta|} d\lambda.$$

где (ρ, φ, ζ) — отнесенные к радиусу диска координаты точки наблюдения в цилиндрической системе координат с началом координат в центре диска, $\kappa = ka$ (k — волновое число), α — угол падения, $J_m(x)$ — функция Бесселя первого рода и $x_m(\lambda)$ —