

полностью заменить бухгалтера, поскольку существует ряд вопросов, решение которых основывается на личном опыте человека.

Список литературы

1. О бухгалтерском учете : Федеральный закон от 6 декабря 2011 г. № 402-ФЗ.
2. Васина Е. Н. Автоматизированный учет. М. : Форум, 2012. 456 с.
3. Трофимова В. В. Информационные системы и технологии в экономике и управлении : учеб. пособие. М. : Юрайт, 2012. 521 с.

УДК 628.162

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АБСОРБЕРА ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ СОРБЕНТА

Е. М. Евсина, Е. А. Немерицкая*, К. С. Корнева*, М. А. Беззубикова***

**Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет
**Кирпичнозаводская СОШ (г. Астрахань)*

В настоящее время в мире создано большое количество сложных математических моделей, просчитываемых на современных компьютерах абсорбера воздухоочистительной системы периодического с кипящим слоем сорбента. Усложнение расчетов не гарантирует получение более надежных результатов, вместо сложных расчетов по загрязнению воздуха, как правило применяются простые вычисления. Целью настоящей работы является математический расчет скорости подаваемого воздуха через абсорбер и систему абсорберов, при которых был бы обеспечен кипящий слой.

Значительное применение в отраслях промышленности получили процессы, связанные с взаимодействием газов со слоем мелкораздробленных твердых частиц. Необходимо отметить, при относительно небольших скоростях зернистый слой остается неподвижным, и его характеристики не меняются с изменением скорости потока. Однако, когда скорость достигает некоторой критической величины, слой перестает быть неподвижным, приобретает текучесть и переходит в кипящее состояние, в котором твердые частицы интенсивно перемещаются в потоке в различных направлениях.

Размеры частиц в кипящем слое $d = 10\text{--}15$ мм, плотность вещества частиц $\rho = 2,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, толщина слоя $h = 20\text{--}25$ см, диаметр трубы $D = 0,5$ м, сквозь которую подается воздух. Высота абсорбера $H = 2$ м, диаметр абсорбера $d_1 = 1$ м. Сквозь абсорбер подается 100000 м^3 воздуха в сутки, запыленность воздуха $0,1 \text{ г/м}^3$, при размере частиц пыли $d_2 = 5 \cdot 10^{-3}$ мм, $\rho_1 = 2,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Воздух содержит токсиканты: оксид углерода,

оксид и диоксид азота при концентрации каждого компонента $n = 5 \text{ мг / м}^3$. Сорбент имеет пористое строение – это керамзит на поверхности которого имеется слой пиролюзита толщиной 0,1–0,5 мм.

Для понимания неоднородной структуры кипящего слоя и построения моделей описывающих ее особенности необходимо в первую очередь изучить характер движения отдельных зерен внутри слоя. На тело (шарообразной формы) весом $m\vec{g}$, набегаёт поток воздуха,двигающийся снизу вверх с такой скоростью $\vec{\omega}$, что тело не поднимается и не опускается, а находится на одном и том же уровне, как бы повисает в воздухе. При этом оно может перемещаться в горизонтальной плоскости под действием подъёмной и боковой сил. Тело будет висеть в воздухе. Скорость, при которой это происходит, называется скоростью витания. Эта скорость определяется из условия равенства сил гидростатического сопротивления слоя весу всех его частиц.

В литературе предложен ряд зависимостей для вычисления скорости витания ω , полученных на основе различных уравнений для расчета гидравлического сопротивления слоя. Гидравлическое сопротивление определяется формулой Эргана [1, с. 68]:

$$\Delta p = H \cdot (150 \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\mu \cdot \omega_{KP1}}{d^2} + 1,75 \cdot \frac{\rho \cdot \omega_{KP1}^2}{d \cdot \varepsilon^3}) \quad (1)$$

где H – высота кипящего слоя; ω_{KP1} – минимальная скорость, при которой слой переходит в кипящий слой; μ – динамическая вязкость газа; ρ – плотность вещества; ε – порозность слоя (расстояние, просветы между частицами), для шарообразных частиц при свободной засыпке слоя ($\varepsilon \approx 0,4$).

Основное влияние на гидравлическое сопротивление оказывает скорость потока воздуха, оптимальная скорость потока воздуха определяется из следующего выражения [3]:

$$v = \frac{L}{3600 \cdot S}, \quad (2)$$

где S – площадь трубы, сквозь которую подается воздух; L – расход воздуха.

О начале перехода стационарного слоя в состояние кипящего слоя судят, в первую очередь, по изменению характера зависимости сопротивления слоя от расхода скорости потока. Отметим, что вес твердых частиц в слое G_T , отнесенный к 1 м^2 поперечного сечения S аппарата (с учетом архимедовой силы), равен

$$\frac{G_T}{S} = \frac{(\rho_T - \rho) \cdot g \cdot S \cdot H \cdot (1 - \varepsilon)}{S} = g(\rho_T - \rho) \cdot (1 - \varepsilon) \cdot H \quad (3)$$

Приравнявая уравнение (1) и (2), получим:

$$150 \frac{(1 - \varepsilon) \cdot \mu \cdot \omega}{\varepsilon^3 \cdot d^2} + 1,75 \frac{\omega^2 \cdot \rho}{\varepsilon^3 \cdot d} = g(\rho_T - \rho) \quad (4)$$

Преобразуем выражение (3):

$$150 \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3} \cdot Re + 1,75 \frac{\omega^2}{\varepsilon^3} \cdot Re^2 = Ar \quad (5)$$

Путем приближенного решения квадратного уравнения (5) О.М. Тодес и О.Б. Цитович получили следующее выражение для критерия Рейнольдса, при котором начинается кипящий слой:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (6)$$

При расчете скорости, при которой слой приобретает свойства кипящего слоя, с помощью уравнения (5), вычисляют сначала значения критерия Архимеда:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_M - \rho_\Gamma}{\rho_\Gamma}, \quad (7)$$

где g – ускорение свободного падения; d – диаметр материала; ν – кинематическая вязкость; ρ_M и ρ_Γ – плотности материала и газа.

Тогда минимальная скорость, при которой слой приобретает свойства кипящего слоя:

$$\omega_{KP1} = \frac{\nu}{d} \cdot \frac{Ar}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (8)$$

где Re , Ar – критерии Рейнольдса и Архимеда; ν – кинематическая вязкость воздуха; d – диаметр частиц слоя.

Отметим, что скорость витания (максимальная скорость), при которой частицы не покидают слой, определяется из следующего выражения [2, с. 45]:

$$Re = \frac{Ar}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (9)$$

$$\omega_{KP2} = \frac{\nu}{d} \cdot \frac{Ar}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (10)$$

Что касается численных значений оценка по формуле (6) дает значение скорости витания $\omega_{KP2} = 28$ м/с, при котором частицы не покидают слой, то есть не происходит явления уноса частиц воздухом.

Отметим, что пределы существования кипящего слоя ограничены, снизу скоростью начала кипящего слоя и сверху – скоростью витания, поэтому следующей характеристикой кипящего слоя является интенсивность перемешивания частиц, которое определяется из следующего выражения:

$$K_\omega = \frac{\omega_{KP2}}{\omega_{KP1}}, \quad (11)$$

где ω_{KP1} – минимальная скорость, при которой слой приобретает свойства кипящего слоя; ω_{KP2} – скорость витания (максимальная скорость), при которой частицы не покидают слой. Число кипящего слоя составило $K_\omega = 8$.

Известно, что начиная со скорости начала кипящего слоя и выше перепад давления на слое сохраняет практически постоянное значение, это объясняется тем, что с ростом скорости кипящего агента контакт между частицами уменьшается и получают большую возможность хаотического перемешивания по всем направлениям. При этом возрастает расстояние между частицами, то есть увеличивается порозность слоя ε и, следовательно, его высота и перепад давления в кипящем слое остается практически постоянным, высоту такого расширения слоя можно определить:

$$h = \frac{(1 - \varepsilon_0)}{(1 - \varepsilon)} \cdot h_0. \quad (12)$$

где ε_0 – порозность неподвижного слоя; ε – порозность кипящего слоя; h_0 – высота слоя.

Для того чтобы связать режим витания одиночной частицы с режимом кипящего слоя частиц, в работе [3, с. 38–56] О. М. Тодесом предложено учитывать влияние стесненности потока умножением числа Архимеда на функцию от порозности слоя в формуле, учитывающей связь критериев Рейнольдса и Архимеда в условиях кипящего слоя. Авторами получено приближенное решение относительно порозности кипящего слоя:

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \cdot Re + 0,36 \cdot Re^2}{Ar} \right)^{0,21} \quad (13)$$

Для большинства процессов в кипящем слое необходимо $\omega_{KP1} > v > \omega_{KP2}$. Значения ω_{KP1} можно оценить по формулам (6), (7), (8). Оптимальное значение скорости и, естественного рабочего числа кипящего слоя зависит от технического процесса.

ВЫВОДЫ

1. Получены параметры кипящего слоя: критерий Рейнольдса, критерий Архимеда, гидравлическое сопротивление, скорость потока воздуха, минимальную скорость при которой слой приобретает свойства кипящего слоя, скорость витания (максимальная скорость), при которой частицы не покидают слой, число кипящего слоя, высота расширения кипящего слоя, порозность кипящего слоя.

2. Расчеты проводились при критериях: Рейнольдса $Re = 1,16 \cdot 10^3$, и Архимеда $Ar = 3,738 \cdot 10^3$, динамическая вязкость воздуха $\mu = 15,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, минимальная скорость, при которой слой приобретает свойства кипящего слоя составила $\omega_{KP1} = 3,2 \text{ м/с}$, скорость витания (максимальная скорость), при которой частицы не покидают слой составила $\omega_{KP2} = 28 \text{ м/с}$, число кипящего слоя составило $K_\omega = 8$, порозность кипящего слоя $\varepsilon = 0,9$, высота расширения слоя составила $h = 1 \text{ м}$, скорость потока воздуха составила $v = 5,9 \text{ м/с}$.

3. Полученные результаты являются теоретической основой конструирования систем очистки атмосферного воздуха производственных помещений от пыли и промышленных токсикантов.

Список литературы

1. Тодес О. М., Цитович О. Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем: Гидравлические и тепловые основы работы. Л. : Химия, 1981. 296 с., ил.
2. Псевдоожигение / под ред. И. Ф. Дэвидсона, Д. Харрисона. М. : Химия, 1974. 728 с., ил.
3. Романков П. Г., Курочкина М. И., Мозжерии Ю. Я. Процессы и аппараты химической промышленности. Л. : Химия, 1989. 560 с., ил.

УДК 681.785.32

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННОГО МЕДА

В. М. Егоров, И. А. Куриков*, С. А. Гаврилов***

**Гимназия № 3 (г. Астрахань)*

***Астраханский государственный университет*

Одной из важнейших для человечества является продовольственная проблема. В ряду ценнейших для здоровья человека продуктов важное место занимает мед [1]. В то же время известно, что доля фальсифицированного меда на рынке весьма высока [2].

Как показывает статистика, которую приводит Министерство предпринимательства, инноваций и занятости Новой Зеландии, среднестатистическое потребление меда в России составляет 0,35 кг [3]. Это говорит о том, что есть спрос на данный продукт и, как следствие, растет предложение по контрафактному меду. Учитывая большие затраты при получении натурального меда, количество контрафактного в последнее время заметно увеличилось.

Как известно, мед почти полностью представляет собой смесь ряда сахаридов (фруктозы, глюкозы, сахарозы), а также других компонентов (воды, пестицидов, декстринов, мальтозы, мелицитозы, золы), но уже в более низкой концентрации [4, 5].

В натуральном меде имеется следующая концентрация основных входящих в его состав веществ: фруктоза – 38 %, глюкоза – 36 %, сахароза – до 4 %, вода – 13–20 %, другие сахара – 9 % (мальтоза, мелицитоза и т. д.), зола – 0,17 %, прочее – 3,5 %.

Известно, что сахариды обладают электрооптической активностью, т. е. способностью вращать плоскость поляризации проходящего через слой вещества света. На этом основано действие так называемых «сахариметров», которые предназначены для измерения концентрации сахара в растворе [1].