

соида, последовательно расположенного с предшествующим и т.д., т.е. реализуется усиление потока в заданном направлении.

Таким образом, предложена физико-математическая модель устройства для уплотнения линейного фотонного потока, что весьма важно в решении задач управляемого термоядерного синтеза.

## Физико-имитационное моделирование воздействия капли на частицу пылегазового потока

Гого В.Б., Новиков М.Ю., (КФ ДонГТУ)

В определенном смысле процесс воздействия капли на твердую частицу потока носит вероятный характер. Если использовать строго детерминированные математические модели, то исказится физическая сущность процесса. Чисто стохастический подход также не может претендовать на полноту описания. Естественно предположим, что совмещение вероятного и детерминированного подхода позволит наиболее адекватно смоделировать реальность процесса воздействия капли на твердую частицу.

Поставим цель разработать алгоритм для моделирования процесса пульсационного воздействия капли на твердую частицу в элементарном обеспечении ПЭВМ.

Предлагаемый алгоритм представим в виде двух частей: моделирования механического воздействия (взаимодействия) капли и твердой частицы; моделирования фракционного состава результатов взаимодействия.

При разработке блок-схемы алгоритма моделирования механического воздействия капли на частицу использовались следующие допущения и предположения:

- скорость механического воздействия капли на частицу есть случайная величина в диапазоне от  $U_{\min}$  до  $U_{\max}$ . Границы диапазона зависят от особенностей впырыска и распыления жидкости в пылегазовый поток;
- вероятность воздействия является случайной величиной и подчиняется нормальному закону распределения.

При разработке принималось, что число частиц соединившихся с каплей, есть нормальная величина с математическим ожиданием  $M$  и отклонением  $m$ :

Окончательное распределение частиц проводилось следующим образом

Числовой интервал  $[0...1]$  делится на  $2m+1$  неравных частей, длина которых пропорциональна величине вероятности образования определенного числа частиц при соответствующем математическом ожидании. Далее проверялось, в какой из образованных отрезков попадало случайно сгенерированное число.

После определения числа слившихся частиц  $N$  проводился расчет диаметров несущих твердое капель (продуктов) по следующим соображениям.

Для  $N$  случайных чисел принималось, что отношение диаметров образованных продуктов пропорционально отношению квадратов этих чисел. При этом накладывалось ограничение, что суммарный объем полученных продуктов должен равняться объему исходных капель и твердых частиц. Частицы и капли принимались правильной сферической формы.

Наиболее сложным является вопрос определения математического ожидания числа слившихся частиц. Эта величина существенным образом зависит от физико-механических свойств жидкости капли и вещества твердой (жидкой) частицы. Понятно, что с достаточной степенью точности этот показатель может быть установлен только опытно: например путем целевого воздействия одиночной капли на одиночную частицу.

В рамках настоящей работы вопрос о нахождении математического ожидания числа слившихся капель с твердыми частицами решался следующим образом.

Исходной концепцией были приняты две модели взаимодействия капли жидкости и твердой частицы. Согласно первой модели твердая частица внедряется в каплю. При ударном воздействии в капле образуются две зоны. Первая из них непосредственно примыкает к пятну контакта. Объем этой зоны зависит от относительной скорости взаимодействия и возрастает при увеличении скорости, достигая 30% общего объема капли. В этой зоне создаются сильные сжимающие напряжения в поверхностном слое капли, превышающие предельные значения. Разрушение этой зоны, начавшись с поверхности, ведет к захлопыванию частицы внутри капли.

Вторая зона имеет большой объем капли. В этой зоне действуют напряжения сил поверхностного напряжения капли.

Понятно, что первая модель соответствует условию, при котором диаметр капли соизмерим или меньше эффективного диаметра частицы. При этом существенное значение имеет величина относительной скорости капли и частицы, а также смачиваемость частицы. Как в первой, так и во второй модели речь идет о классификации хорошо смачиваемой частицы.

В концепции предлагается, что в качестве силового параметра взаимодействия выступает безразмерная величина - относительная скорость  $C$ . При рассмотрении влияния этой величины на отношение объемов зон существенно, что при низких скоростях взаимодействия капли на частицу отношение второго объема капли к первому, которое большое значение, а при весьма высоких скоростях - стремится к единице и более. В связи с этим можно предложить аппроксимирующую зависимость:

$$\gamma = A_1 \varepsilon^{-k_1}, \quad (1)$$

где  $\gamma = \frac{v_2}{v_1}$  - отношение объемов зон капли;

$\varepsilon = \frac{u}{v}$  - относительная скорость.

Числовые значения величин, входящих в формулу (1), можно определить из реальных условий эксперимента. Физическая сторона рассуждения при этом следующая. Поскольку механические напряжения в капле можно интегрировать как плотность энергии, то можно предположить что полученная при внедрении частицы энергия в каждой зоне пропорциональна энергии, поглощенной этой зоной.

Эта мысль может быть записана как:

$$\beta = \frac{\sigma_1 v_1}{\sigma_2 v_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \gamma^{-1}, \quad (2)$$

где  $\sigma_1$  - напряжение в первой зоне капли;

$\sigma_2$  - напряжение во второй зоне;

$\beta$  - отношение поверхности первой зоны капли к поверхности второй зоны.

При этом понятно, что напряжение в первой зоне капли должно превышать предел прочности поверхностного слоя в несколько раз.

Описанный алгоритм, имитирующий процесс взаимодействия капли и частицы, реализуется на ЭВМ. Принимается, что отклонение числа частиц от математического ожидания слияния капли и частицы равняется  $m = 3$ . Для расчета на ЭВМ принимаем: диаметр каплей 6 мм, эффективный диаметр частиц равным 0,4 мм.

Полученное расхождение кривых в области мелких частиц, особенно при больших скоростях воздействия, можно объяснить тем, что в экспериментах не исключается возможность повторного воздействия уже захватившей твердую частицу капли с новой твердой частицей. при имитационном эксперименте на ЭВМ повторное взаимодействие исключено. В остальном сходимость результатов достаточно высокая, что свидетельствует об идентичности реального процесса и его имитации.

Изложенное открывает новые возможности в исследовании процессов взаимодействия жидких капель и твердых частиц методами математического моделирования с использованием аппарата имитационных алгоритмов. Появляется перспектива моделировать процессы в реальных газоочистных устройствах, учитывая их конструктивные особенности и режимы работы.

## Тяжелые металлы в подземных водах Донецкой области

О.А. Шевченко (ДонГТУ)

Тяжелые металлы - наиболее токсичные и опасные для здоровья человека химические элементы. Избыток в организме ртути, цинка, свинца, никеля, кобальта вызывает развитие злокачественных опухолей, расстройства нервной системы, аллергические дерматозы, болезни печени, легких и многие другие заболевания.

Кроме того, для тяжелых металлов характерно воздействие с отдаленными последствиями, так как токсические свойства даже малых концентраций усугубляется их способностью к кумуляции в живых организмах. В связи с этим, очень важен контроль за содержанием тяжелых металлов в окружающей среде, в том числе и в подземных водах.

Проведенное гидрогеохимическое картирование позволило выявить в подземных водах Донецкой области ряд контрастных аномалий тяжелых металлов, содержание элементов в которых, превышает фоновые, а часто и предельно допустимые концентрации.

В подземных водах Донецкой области весьма распространен цинк. Однако, в подавляющем большинстве гидрогеохимических ореолов рассеяния и аномалиях содержания цинка не достигают ПДК(5.0 мг/л), но превышают фоновые концентрации для зоны гиперкинеза области (0.02 мг/л). Содержания цинка, превышающие ПДК установлены лишь в единичном случае - в зоне