

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВТОРИЧНОГО ДРОБЛЕНИЯ
МЕЛКИХ (20-100 мкм) КАПЕЛЬ
В СТАЦИОНАРНОМ ГАЗОВОМ ПОТОКЕ

Исследованию закономерностей деформации и дробления капель газовым потоком посвящено большое количество статей, опубликованы обзоры. Эти публикации посвящены экспериментальному и теоретическому исследованию эффекта дробления и деформации жидких капель газовым потоком. Однако эти публикации не освещают проблему в целом - полностью отсутствуют публикации, посвященные экспериментальному исследованию деформации и дробления мелких (20-100 мкм) капель стационарным газовым потоком.

В работе [3] получены экспериментальные зависимости критических значений критерия Вебера, справедливые для капель, диаметр которых больше 100 мкм, что объясняется трудностью визуальной фиксации момента дробления более мелких капель.

В то же время для разработки методов расчета двухфазных течений необходимы данные о We_k для более мелких капель ($d_k < 100$ мкм).

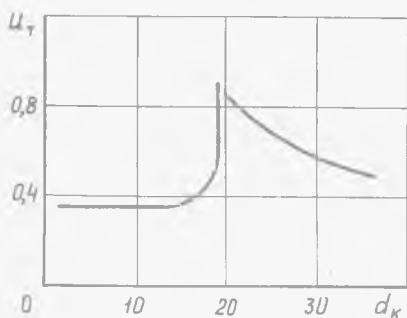
Эту зависимость можно получить косвенным путем. Отметим, что в последних работах ([1] и др.) по вторичному дроблению капель газовым путем высказывается мнение о невозможности представления условий дробления посредством задания постоянного критического значения критерия Вебера или функцией числа Вебера от чисел Рейнольдса или Лапласа. Авторы этих работ предлагают различные зависимости условия разрушения капли. Так, в работе [1] условием разрушения капли считается неравенство

$$\zeta(R_E, W_E, L_p, \frac{\rho_{uc}}{\rho_n} \cdot \frac{\tau}{\tau_g}) \geq 1$$

Для определения этой зависимости необходимы дальнейшие исследования. В данной работе рассматривается методика определения критического значения критерия Вебера, другие критерии (L_p , R_E и др.) и параметры (ρ_{uc} , ρ_n , τ и др.) при разрушении капли можно определить расчетным путем или непосредственно измерить.

Известно [2], что скорость распространения пламени (рис. 1) капельно-воздушной смеси по сравнению с однородной смесью скачкообразно возрастает при увеличении размеров капель до 20 мкм, что объясняется переходом от кинетического режима горения к диффузорному.

При дальнейшем росте размеров капель скорость распространения пламени значительно падает.

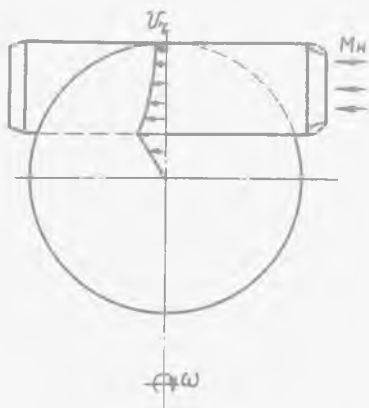


Р и с. 1. Зависимость скорости распространения пламени от диаметра капли

ров газового потока, кинематическим и физическим характеристикам, полученным расчетным путем, капли топлива, движущейся в камере сгорания, можно определить критическое значение критерия Вебера для капель, диаметр которых

$$d_k = 0,5 [d_{ki} + (d_{ki} + \Delta d_k)]$$

Исследование вторичного дробления капли по данной методике проводится в специально спроектированной камере сгорания малоразмерного ПВРД, схема которого представлена на рис. 2. Газовый поток в ней совершает круговое движение (один оборот за время нахождения в двигателе). В камере сгорания образуется течение газового потока, близкое к плоскому вихрю. Расчеты траекторий капель в такой камере сгорания показывают, что скорость обдува капли в зоне смесеобразования для двигателя, установленного на лопасть ротора, совершающего круговое движение, сначала уменьшается, а затем возрастает до максимального значения и далее опять уменьшается. Для неподвижного двигателя, который обдувается потоком воздуха, скорость обдува капли в зоне смесеобразования уменьшается.



Р и с. 2. Расчетная схема вертолетного ПВРД

Зависимость относительной скорости обдува капли U_k для движущегося по окружности 1 и неподвижного 2 двигателя представлена на рис. 3.

Определение критического значения критерия Вебера проводится в два этапа.

1 этап. Определение зависимости скорости распространения пламени U_T капельно-воздушной смеси от размеров капель d_k на неподвижном двигателе. Необходимость этого этапа объясняется

влиянием размера системы (малоразмерного вертолетного ПВРД) на скорость распространения пламени. В камере сгорания неподвижного двигателя отсутствуют условия для вторичного дробления капель.

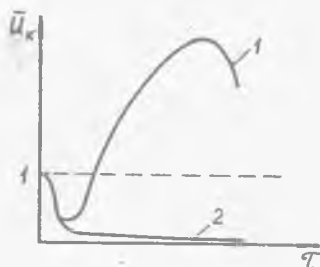
Скорость распространения пламени U_T определяется визуально, а также при помощи термоиндикаторов по положению передней границе факела пламени.

Строго говоря, к передней границе факела пламени должна подаваться однородная по дисперсности и концентрации капельно-воздушная смесь, что трудно выполнимо. Но если учесть, что решающее значение на величину U_T имеет количество капель определенного диаметра [4] и отсутствует влияние неоднородности концентраций по сечению камеры сгорания до 30% на характеристики горения, то в двигателе можно использовать центробежную форсунку. Эксперимент проводится при стехиометрическом составе топливно-воздушной смеси в камере сгорания, при которой зависимость характеристик горения от состава смеси слабая.

2 этап. Определение скорости распространения пламени и соответствующий ей диаметр капли, не подвергшейся вторичному дроблению, на движущемся по окружности двигателе. В камере сгорания двигателя часть капель из спектра распыла центробежной форсунки подвержена вторичному дроблению. Скорость распространения пламени определяется при помощи термоиндикаторов по положению передней границы факела пламени.

Определив, как уже отмечалось выше, параметры газового потока, кинематические и физические характеристики капли топлива, не подвергшейся вторичному дроблению, можно найти критическое значение критерия Вебера.

Влияние вязкости жидкости на величину $W_{ЭК}$ определяется при проведении исследования вторичного дробления с использованием топлива различной вязкости (бензин, керосин и др.).



Р и с. 3. Зависимость относительной скорости обдува капли в зоне смесеобразования от времени нахождения в камере сгорания вертолетного ПВРД

Влияние турбулентной структуры газового потока на величину W_{EK} определяется при проведении исследования вторичного дробления с принудительной турбулизацией потока в камере сгорания решетками различных размеров.

Л и т е р а т у р а

1. Анисимова М.И., Стекольников Е.В. Деформационное дробление капель в газовом потоке. - Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 1977, № 3, с. 141-148.
2. Зайнштейн П.Б., Нигматулин Р.И. К теории распространения пламени в смеси газа и капель. - Журнал ПМТФ, 1973, № 4, с. 101-108.
3. Талантов А.В. Горение в потоке. - М.: Машиностроение, 1978.- 160 с.
4. Распыление жидкостей /Ю.Ф.Дитятин, Л.А.Клячко, Б.В.Новиков и др. - М.: Машиностроение, 1977.- 208 с.

УДК 66.01-52

Ю.К.Т о д о р ц е в

КРИТЕРИИ УПРАВЛЕНИЯ ВИХРЕВЫМ ПОТОКОМ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

Вихревой эффект широко используется для интенсификации высокотемпературных технологических процессов обработки дисперсного сырья [1]. Основным технологический аппарат представляет собой циклонную камеру диаметром 1,6 и высотой 2,8 м, в которой перерабатывается до 7 т в час фосфоритов Каратау с содержанием фтора $F_N \geq 2,5\%$ (рис. 1,а).

Главной целью технологического процесса является уменьшение содержания фтора в расплаве до заданного уровня ($F_K < 0,2\%$) и обогащение его фосфором в виде P_2O_5 .

Интенсивность вихревого потока часто характеризуют долей энергии $\eta_{взр}$ входе в камеру, идущей на создание крутки $\Delta P_{кр}$, в виде так называемого аэродинамического к.п.д. циклона

$$\eta_{взр} = \frac{\Delta P_{кр}}{\sum \Delta P};$$

$$\sum \Delta P = \Delta P_{вх} + \Delta P_{вых} + \Delta P_{тр} + \Delta P_{цур} + \Delta P_{кр}. \quad (1)$$

Общее гидравлическое сопротивление аппарата $\sum \Delta P$ складывается из затрат энергии на входе $\Delta P_{вх}$; выходе через пережим $\Delta P_{вых}$; трение о