

Э. Г. БРАТУГА,
А. Ю. ИВАНОВСКИЙ,
А. Р. ПЕРЕСЕЛКОВ

ФОРМИРОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА КАПЕЛЬ ВО ВСТРЕЧНОМ ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ

Для процессов теплообмена в контактных аппаратах (камеры орошения кондиционеров, скрубберы, распылительные сушильные установки) характерно наличие течения газового потока с конечной скоростью. Исследования структуры капельной среды выполняются обычно при отсутствии вынужденного движения газа. В связи с этим в лаборатории промышленной теплоэнергетики Харьковского политехнического института исследовано влияние воздушного потока на формирование дисперсного состава капельной среды.

Для установления размеров капель использован счетно-импульсный метод. Исходной экспериментальной характеристикой для вычисления распределения размеров капель служит зависимость средней частоты замыканий каплями зазора между электродами зонда от расстояния между электродами $R(S)$. Последнюю удается аппроксимировать экспоненциальной зависимостью, выражающейся в полулогарифмической системе координат прямой линией, вследствие чего функция распределения капель определяется одним параметром дисперсности α , что позволяет существенно упростить вычисление функции распределения и характерных размеров капель [1, 2].

В литературе достаточно освещены аппаратура, необходимая для измерения с помощью счетно-импульсного метода, вопросы методики измерения и обработки опытных данных, оценка влияния режимных параметров измерительной схемы и изменения физических свойств дисперсной среды на результат измерений [2, 3].

Следует отметить, что такие преимущества счетно-импульсного метода, как минимальное возмущение потока зондом, отсутствие необходимости ориентации зонда в двумерном потоке, независимость результатов измерения от скорости капель и газового потока, в большей мере проявляются в случае измерений в движущемся газовом потоке и определяют этот метод как наиболее приемлемый.

Экспериментальная установка представляет собой аэродинамическую трубу с вертикально расположенным рабочим

участком, внутри которого установлены центробежные форсунки. Для обеспечения постоянства электрофизических свойств диспергируемой жидкости выполнена замкнутая циркуляционная система подачи воды на форсунки. Уровень неравномерности воздушного потока выдерживался с помощью переменных прутковых сопротивлений перед рабочей частью установки и не превышал $\Delta C = 0,25$ м/с в крайних точках сечения канала..

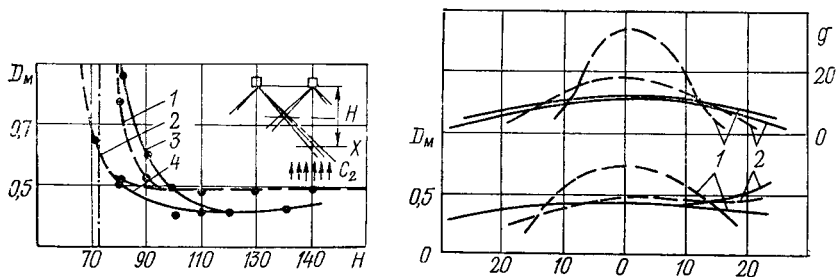


Рис. 1. Изменение модального диаметра капель по длине факела форсунки: 1 — $C_r=0$; 2 — $C_r=2,5$ м/с, одиночная форсунка; 3 — $C_r=0$; 4 — $C_r=2,5$ м/с, после взаимодействия с факелом параллельно расположенной форсунки.

Рис. 2. Распределение модальных диаметров (D_m мм) и удельного расхода g мм³/мм²С) в факеле форсунки:

1 — $C_r=0$; 2 — $C_r=2,5$ м/с; $H=90$ мм; $H=150$ мм.

Рабочий участок имеет две стеклянные стенки для визуальных наблюдений и оснащен координатником с подвижным уплотнением для введения и фиксации положения зонда в газожидкостном потоке.

В качестве мерного выбрано вертикальное сечение, расположенное в плоскости осей форсунок. Измерения выполнялись в среднем сечении канала, где воздушный поток можно считать одномерным. Траверсирование по радиусу факела оси X на расстоянии H от устья форсунки (рис. 1) выполнялось при минимальном зазоре между электродами $S=0,05$ для определения числа замыканий h (0,05), соответствующих максимальному значению локального расхода жидкости. Поскольку максимальный вклад в дисперсный состав вносят капли, обеспечивающие максимальный расход жидкости, можно считать, что в результате траверсировки получены координаты для наиболее представительных измерений на данном расстоянии H .

Траверсирование позволило также проследить траекторию капель в факеле форсунки. Под воздействием встречного потока происходит искривление траектории капель, увеличивающее угол раскрытия факела. При скорости $C_r=2,5$ м/с радиус факела возрастает на 25—30%. Взаимодействие с соседним факелом уменьшает влияние воздушного потока примерно

двое, что свидетельствует об экранирующем влиянии факела соседней форсунки.

Для установления влияния скорости воздушного потока на формирование дисперсного состава в качестве базовых выполнены измерения в факеле изолированной форсунки, а также после его взаимодействия с факелом соседней форсунки при отсутствии вынужденного движения воздуха. После этого экспериментально исследован дисперсный состав капель для двух режимов течения воздуха при $C_T = 1,3; 2,5$ м/с.

На рис. 1 показаны модельные диаметры капель, полученные по измерениям в точках максимального локального расхода жидкости на различном расстоянии H от устья форсунки. При диспергировании жидкости двумя параллельно расположенными форсунками измерения выполнялись после зоны взаимодействия факелов, окончание которой отмечено на рис. 1 штрихпунктирной линией. От устья форсунки до наступления стабилизации структуры дисперсного потока происходит дробление капель, выражающееся на рисунке уменьшением модельного диаметра.

Основным проявлением влияния скорости встречного воздушного потока является более раннее формирование структуры дисперсного состава капель в факеле форсунки. При скорости воздуха $C_T = 2,5$ м/с путь стабилизации величины модального диаметра сокращается на 20%. Этот результат получен при испытании одной (кривые 1, 2) и двух форсунок (кривые 3, 4). В результате взаимодействия факелов двух форсунок происходит дробление капель при условии пересечения факелов до наступления стабилизации размеров капель. Как видно из рисунка, уменьшение модального диаметра при этом не зависит от скорости воздушного потока.

Измерения, выполненные на различных расстояниях H от устья форсунки, свидетельствуют о том, что в исследуемом диапазоне скоростей встречный воздушный поток не вызывает дополнительного дробления капель.

Счетные характеристики определялись не только в точках максимального локального расхода воды, на каждом расстоянии H , но и по обе стороны от них, что позволило получить информацию о структуре факела. Оказалось, что стабилизация величины модального диаметра в точке максимума удельного расхода совпадает с завершением формирования структуры факела, характеризующимся увеличением орошаемого объема, ростом равномерности удельного расхода и распределения модальных диаметров в сечении конуса факела.

Для иллюстрации этого положения на рис. 2 показаны распределения модальных диаметров и удельного расхода, полученные по измерениям счетных характеристик [4] на различных расстояниях H при вынужденном движении воздуха и при его

отсутствии. В этом случае на расстоянии $H=140$ мм от устья форсунки совпадают не только значения модальных диаметров в точках максимального удельного расхода, принятых за нуль на графике, но и распределения удельного расхода и модальных диаметров в сечении факела. На расстоянии $H=90$ мм при отсутствии вынужденного движения воздуха величина модального диаметра еще не стабилизировалась, распределение модальных диаметров в сечении факела неравномерно, величина удельного расхода резко уменьшается по обе стороны от максимального значения. Если скорость воздушного потока $C_r=2,5$ м/с, этого расстояния достаточно для завершения формирования структуры факела.

Во встречном воздушном потоке на внешней стороне факела наблюдается некоторое увеличение модального диаметра капель. Это обстоятельство не вносит изменения в распределение удельного расхода в факеле, поэтому можно считать, что увеличение модального диаметра происходит в результате выдувания воздухом наиболее мелких капель, вклад которых по массе незначителен.

В заключение следует отметить, что формирование устойчиво существующей капли завершается на значительном расстоянии от устья форсунки. Как видно из рис. 1, стабилизация величины модального диаметра капель в факеле форсунки наступает на расстоянии 90—110 мм от устья форсунки. В сечениях, расположенных ближе к устью, существуют не капли, а куски рвущейся водяной пленки, имеющие большее аэродинамическое сопротивление и не обладающие развитой контактной поверхностью. Это позволяет сделать вывод о том, что принятие для расчета процесса теплообмена в качестве исходной скорости истечения капель в устье форсунки является существенным допущением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виск М., Даклер А. Новый метод измерения распределения размеров капель электропроводной жидкости в двухфазном потоке. — В кн.: Достижения в области теплообмена. М., 1970, с. 177—187.
2. Братута Э. Г., Переселков А. Р. К вопросу о новом методе измерения размеров капель. — В кн.: Энерг. машиностроение. Вып. 18. Харьков, 1974. с. 130—136.
3. Братута Э. Г., Переселков А. Р. Расчет функции распределения капель по размерам при использовании счетно-импульсного метода. — «Инж.-физ. журн.», 1974, т. XXVII, № 5, с. 923—924.
4. Братута Э. Г., Переселков А. Р. Определение удельного расхода дисперсной среды в газожидкостном потоке с помощью счетно-импульсного метода. — «Теплоэнергетика», 1975, № 5, с. 32—34.