

начинается отбор нефти в диспергированной форме. Одновременно с эмульсией, согласно принятой модели, добываются и вода и «чистая» нефть, но практическое отделение этих фаз от эмульсии, очевидно, будет затруднительным.

Переходя к вытеснению нефти из обводненного пласта, нетрудно увидеть, что распределения насыщенностей и концентраций имеют принципиально одинаковый характер и для высоковязкой (фиг. 5), и для маловязкой (фиг. 2) эмульсии. В обоих случаях перед зоной эмульсии находится невозмущенная область, водо-нефтяной вал не формируется. Поэтому вся нефть добывается только в диспергированной форме (до начала отбора эмульсии идет отбор воды). Последний факт находится в соответствии с экспериментальными данными [1, 2].

Ясно, что накопление экспериментальной информации уточнит предлагаемую модель — в нее могут быть включены диффузионно-сорбционные характеристики, характеристики неравновесности обмена фазами, экспериментальные зависимости фазовых проницаемостей от насыщенностей и концентраций, связи между подвижностью эмульсии и концентрацией дисперсной фазы и т. д.

Поступила 22 XI 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. McCaffery F. G. Interfacial tensions and aging behavior of some crude oils against caustic solution. J. Canad. Petrol. Technol., 1976, vol. 15, No. 3.
2. Горбунов А. Т., Бученков Л. Н., Кашавцев В. И., Токарева Н. А., Цыпкина О. Э. Разработка месторождений с применением щелочного заводнения. М., 1978 (Всес. НИИ организаций управления и экономики нефтегаз. пр-ти).
3. Эмульсии. Л., «Химия», 1972.
4. Фортъе А. Механика суспензий М., «Мир», 1971.
5. Брагинская Г. С., Еглов В. М. О неизотермическом вытеснении нефти раствором активной примеси. М., 1978 (Ин-т проблем мех. АН СССР. Препринт № 112).
6. Токарева Н. А., Цыпкина О. Э. О мицеллярно-полимерном заводнении нефтяных пластов в условиях необратимой сорбции. Изв. АН СССР, МЖГ, 1979, № 2.

УДК 532.574.7:778.38

ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА

А. О. БАКРУНОВ, О. Н. ЕРТАНОВА, И. А. ЛЕПЕШИНСКИЙ,
В. А. РЕШЕТНИКОВ, И. В. ПУКИН

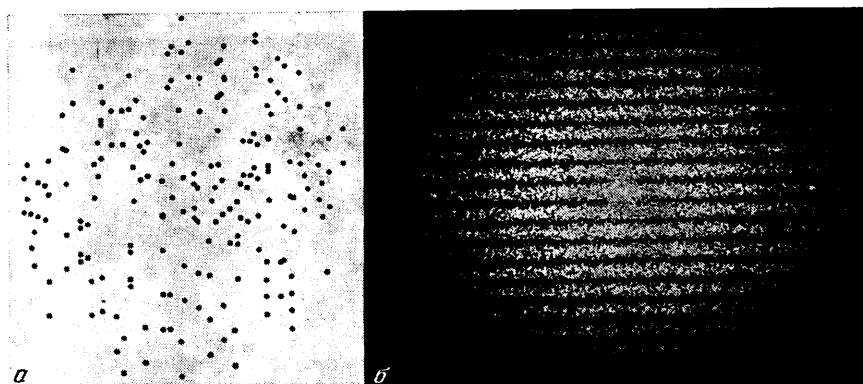
(Москва)

При решении задач газодинамики двухфазных сред необходимо измерять основные характеристики потока, определяющие дисперсную структуру и его динамику. К динамическим характеристикам двухфазного потока относятся вектор скорости одиночных частиц и распределение частиц по скоростям. Методом, позволяющим одновременно исследовать как дисперсную структуру, так и динамику течения, является голография. Наиболее распространенным голографическим методом регистрации скорости является метод нескольких экспозиций [1]. Основная задача при голографическом определении скорости заключается в автоматизации процесса обработки информации, получаемой с голограммы. Действительно, в настоящее время для определения векторного поля скоростей частиц двухфазного потока широко используют визуальный метод измерения пути, проходимого отдельной частицей, по изображению, восстановленному с двухэкспозиционной голограммы [2]. Несмотря на очевидные преимущества этого метода, он обладает значительной трудоемкостью. К примеру, при получении статистически достоверной информации о векторном поле скоростей частиц в потоке требуется проведение большого числа визуальных измерений. Сложность визуального анализа голографического изображения существенно возрастает при больших концентрациях частиц.

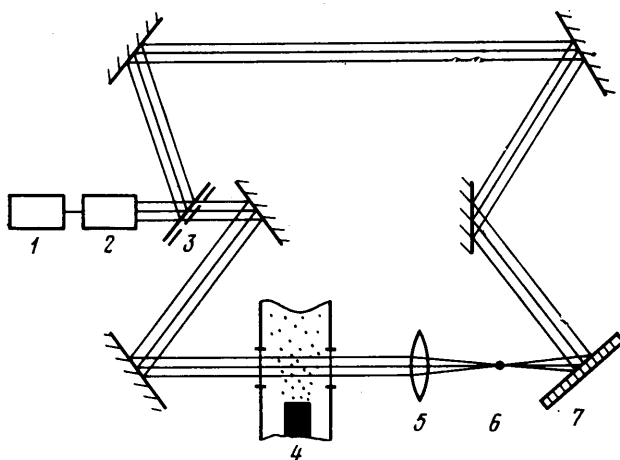
В данной работе предлагается способ обработки голограмм двухэкспозиционных голограмм двухфазного потока, который позволяет ускорить процесс измерения поля скоростей дисперсной фазы при больших концентрациях частиц.

Предложенный способ обработки основан на анализе картины пространственного спектра двухфазного потока, формируемой в плоскости пространственных частот когерентно-оптической системы. Сущность данного способа поясняется

Фиг. 1, на которой показано модельное двухэкспозиционное изображение однонаправленного односкоростного потока частиц (фиг. 1, а) и картина пространственного спектра этого изображения (фиг. 1, б). Как видно из фиг. 1, б, в пространственном спектре образуется периодическая структура, направление которой перпендикулярно направлению движения потока, а ее период d характеризует среднюю скорость потока $\langle v \rangle = \lambda f / (\Delta t d)$, где λ — длина волны источника освещения, f — фокусное расстояние Фурье-линзы, Δt — интервал времени между двумя экспозициями. Таким



Фиг. 1



Фиг. 2

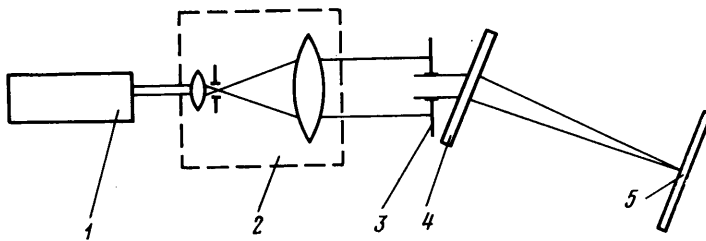
образом, измеряя в пространственном спектре направление и шаг полос, нетрудно определить вектор средней скорости движения потока частиц.

Описанный выше способ обработки был экспериментально проверен при определении поля скоростей капель воды в водовоздушной струе, создаваемой пневматической форсункой, расположенной горизонтально.

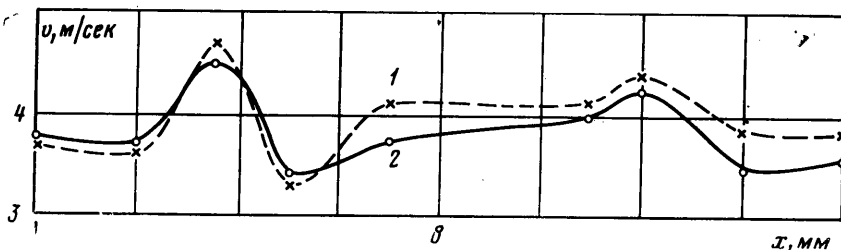
Регистрация двухэкспозиционной голограммы водовоздушной струи, образованной на расстоянии 5 см от среза сопла, проводилась на голографической установке УИГ-1М по двухлучевой схеме (фиг. 2). Излучение импульсного лазера с модулированной добротностью 1 ($\lambda = 0.69$ мкм), расширенное сферическим коллиматором 2 с выходной апертурой 30 мм, делилось светоделителем 3 на предметный и опорный лучи с отношением интенсивностей 10:1. Предметный луч освещал исследуемый объем струи 4 размером $30 \times 30 \times 20$ мм³. Объектив 5, расположенный от меридионального сечения струи на расстоянии, равном двойному фокусному расстоянию ($f = 320$ мм), проецировал изображение струи в область, близкую к плоскости голограммы. Фоторегистрирующий материал 7 (фотопленка ФПГВ-2) устанавливался перпендикулярно биссектрисе угла между падающими на него предметным и опорным лучами, величина которого составляла 15°. Из фиг. 2 видно,

что объектив формирует в задней фокальной плоскости пространственный спектр двухфазного потока, изображение которого фиксируется голограммой.

Восстановление действительного изображения пространственного спектра потока с полученной двухэкспозиционной голограммы осуществлялось в оптическом стенде, показанном на фиг. 3. Излучение гелий-неонового лазера 1 ($\lambda=0.63$ мкм), расширенное коллиматором 2 с выходной апертурой 30 мм, падало на голограмму 4, перед которой устанавливалась полевая диафрагма 3 диаметром ~ 3 мм. Картина пространственного спектра потока регистрировалась на фотопленке 5 (Микрат-300). Измерения направления и шага полос в пространственном спектре проводились на микрофотометре ИФО-451. Перемещая полевую диафрагму параллельно плоскости



Фиг. 3



Фиг. 4

голограммы, можно было измерить вектор средней скорости в различных частях потока и тем самым определить полное поле скоростей капель в струе.

На фиг. 4 показано поле скоростей капель в струе вдоль оси x , совпадающей с продольной осью форсунки, полученное при обработке двухэкспозиционной голограммы визуальным методом при помощи микроскопа (кривая 2) и рассмотренным здесь спектральным методом (кривая 1). При этом в обоих случаях проводилось усреднение скорости по спектру размеров капель. Расхождение результатов не превышает 10%.

В заключение следует отметить, что развитие и совершенствование оптических методов регистрации и обработки голограмм позволит определять и более сложные статистические характеристики двухфазных потоков.

Поступила 22 VIII 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. Trolinger J. D., Farmer W. M., Belz R. A. Multiple exposure holography of time varying three-dimensional fields. *Appl. Optics*, 1968, vol. 7, No. 8.
2. Быков В. Н., Лавренгеев М. Е. Измерение скоростей капель в двухфазном потоке. *Инж.-физ. ж.*, 1972, т. 23, № 5.