

Здесь v_1 — скорость жидкости на поверхности пузыря, обтекаемого потоком, скорость которого в бесконечности равна единице.

Зависимость c_{xRe} от степени деформации пузыря χ , полученная в результате численных расчетов, представлена на фиг. 4.

Следует подчеркнуть, что приведенные выше результаты справедливы только при безотрывном обтекании. В вязкой жидкости при больших χ обтекание пузыря является отрывным и рассмотренная модель непригодна.

Автор благодарит В. В. Струминского за обсуждение результатов работы.

Поступила 27 IX 1976

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич М. И. Теория струй идеальной жидкости. М., Физматгиз, 1961.
2. Слезкин Н. А. Обтекание плоским потоком идеальной жидкости газонаполненной оболочки. Докл. АН СССР, 1935, т. 3, № 3.
3. Слезкин Н. А. Обтекание наполненной газом оболочки плоским потоком идеальной жидкости. Уч. зап. МГУ, Механика, 1951, т. 3, вып. 152.
4. Киселев О. М. К задаче о газовом пузыре в плоском потоке идеальной жидкости. Изв. АН СССР, МЖГ, 1969, № 4.
5. Петрова С. И. Форма равновесия полости, ограниченной упругой пленкой, в одностороннем потоке жидкости. Изв. АН СССР, МЖГ, 1971, № 1.
6. Петров А. Г. Динамика плоской полости в жидкости малой вязкости. Изв. АН СССР, МЖГ, 1973, № 5.
7. Лихоманов Н. И., Петров А. Г. Обтекание плоскопараллельным потоком газовой полости. Изв. АН СССР, МЖГ, 1975, № 5.
8. McLeod E. B. The explicit solution of a free boundary problem involving surface tension. J. Ration. Mech. and Analys., 1955, vol. 4, No. 4.
9. Hartunian R. A., Sears W. R. On the instability of small gas bubbles moving uniformly in various liquids. J. Fluid Mech., 1957, vol. 3, pt 1.
10. Киселев О. М. Определение формы газового пузыря в осесимметричном потоке жидкости. ПМТФ, 1963, № 3.
11. Клячко Л. А. К теории дробления капли потоком газа. Инж. ж., 1963, т. 3, № 3.
12. Moore D. W. The velocity of rise of distorted gas bubbles in a liquid of small viscosity. J. Fluid Mech., 1965, vol. 23, No. 4.
13. Гордин К. А., Истратов А. Г., Либрович В. Б. К кинетике деформации и дробления жидкой капли в газовом потоке. Изв. АН СССР, МЖГ, 1969, № 1.
14. Воинов О. В., Головин А. М., Петров А. Г. Движение эллипсоидального пузыря в жидкости малой вязкости. ПМТФ, 1970, № 3.
15. El Sawi M. Distorted gas bubbles at large Reynolds number. J. Fluid Mech., 1974, vol. 62, No. 1.
16. Биркгоф Г., Сарантонелло Э. Струи, следы и каверны. М., «Мир», 1964.
17. Воинов О. В., Воинов В. В. Численный метод расчета нестационарных движений идеальной несжимаемой жидкости со свободными поверхностями. Докл. АН СССР, 1975, т. 221, № 3.
18. Brabston D. C., Keller H. B. Viscous flows past spherical gas bubbles. J. Fluid Mech., 1975, vol. 69, pt 1.
19. Левич В. Г. Физико-химическая гидродинамика. М., Физматгиз, 1959.

УДК 532.529 : 772.99

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЖИДКОЙ ПЛЕНКИ НА СРЕЗЕ СОПЛА С ДВУХФАЗНЫМ РАБОЧИМ ТЕЛОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

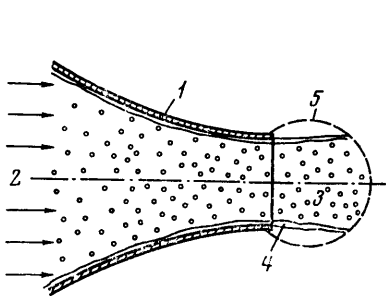
О. Н. ЕРТАНОВА, И. А. ЛЕПЕШИНСКИЙ

(Москва)

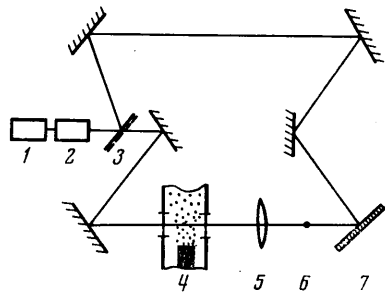
Изучены возможности голографического исследования размеров жидкой пленки на срезе осесимметричного сопла с двухфазным рабочим телом. Приводятся схема и результаты измерения по голограммам размеров пленки, волн на ее поверхности и капель, образующихся при дроблении пленки, и в ядре двухфазного водовоздушного потока на выходе из сопла.

При исследовании двухфазных течений в соплах приходится принимать во внимание пленку жидкости, которая образуется при выпадении капель из потока на стенки сопла. Исследование концентрации и дисперсности лазерно-оптическим методом ослабления и рассеяния излучения [1] подтвердило существование пристенной зоны пленки.

С одной стороны, пленка — один из важных элементов двухфазного потока, знание параметров которого позволяет судить о процессах течения в сопле. С другой стороны, она — существенное препятствие для регистрации параметров в ядре потока.



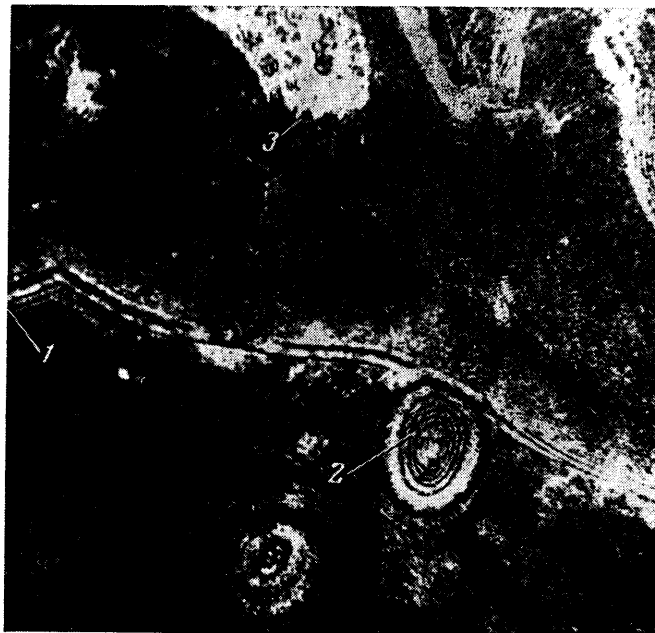
Фиг. 1



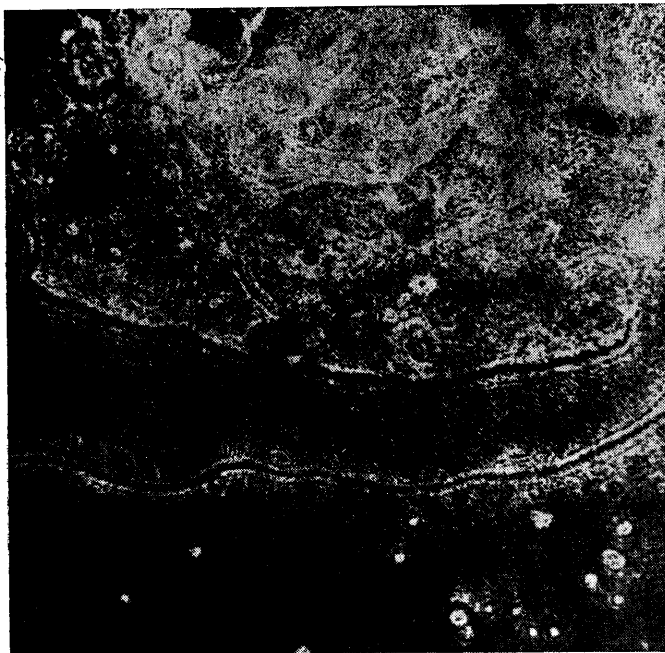
Фиг. 2

ка, в частности, при использовании лазерно-оптических методов ее приходится сепарировать. Следует отметить, что регистрация параметров пленок в соплах до настоящего времени представляет сложную техническую задачу. Это приводит к поискам более совершенных методов экспериментального исследования, в частности голографии [2]. Метод позволяет одновременно регистрировать и пленку, и ядро потока по всему просвечиваемому объему течения.

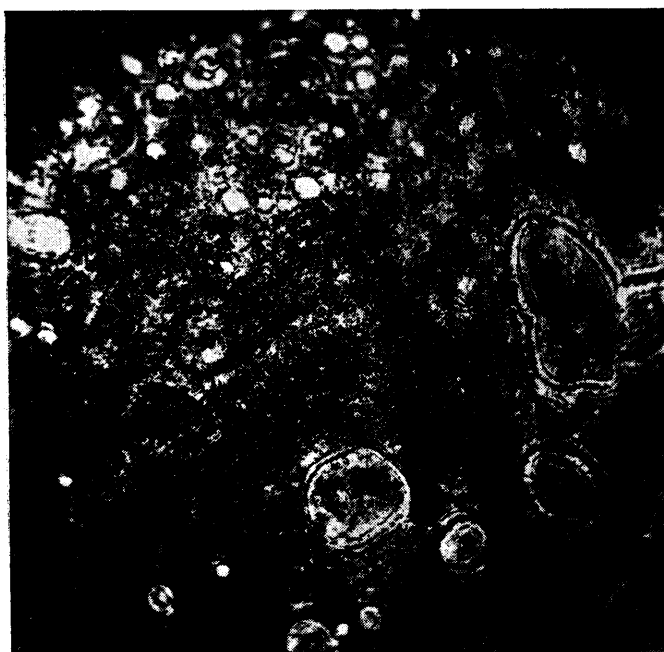
Для изучения возможностей голографии при исследовании двухфазного потока на выходе из осесимметричного сопла был записан ряд голограмм при помощи голографической установки УИГ-1М. Схема течения показана на фиг. 1, где 1 — канал сопла диаметром 15 мм, 2 — двухфазный поток, 3 — ядро потока, 4 — пленка жидкости,



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

5 — область голографирования размером $30 \times 30 \times 25$ мм³. Оптическая схема записи голограмм приведена на фиг. 2. Излучение ОКГ 1 расширялось коллиматором 2 с диаметром выходного зрачка 30 мм, делилось светоделителем 3 на предметный и опорный лучи. Предметный луч проходил через область голографирования двухфазного потока 4, объектив 5 и попадал на фотопленку 7 (ФПГВ-2), где регистрировалась картина интерференции между предметным и опорным пучками. В фокальной плоскости объектива располагался непрозрачный точечный экран 6; с помощью которого проводилась фильтрация низких пространственных частот, что увеличивало контраст изображения.

Наблюдение пленки, капель и их измерение по восстановленному изображению осуществлялись при помощи трехкоординатного горизонтального оптического микроскопа МГ. На фиг. 3 показана фотография пленки в нижней части сопла, полученная с восстановленного изображения при фокусировке микроскопа в вертикальной меридиональной плоскости. Четко видна внешняя граница пленки 1, волны на ее поверхности, одиночные капли жидкости 2. Внутренняя граница пленки 3 фиксируется хуже за счет фазовых искажений, вносимых движущейся пленкой жидкости. Однако во многих случаях удается определить поперечный размер пленки (ее толщину h) и длину волны возмущений l на ее поверхности.

На фиг. 4 показана пленка на некотором удалении от среза сопла (~ 10 мм). Здесь четко видна и внутренняя граница. Измерения показали, что толщина пленки вблизи сопла ~ 1130 — 700 мкм и далее уменьшается до ~ 350 мкм. Общая протяженность пленки до момента ее разрыва равна 15—17 мм, т. е. 10—20 калибров в долях начальной толщины.

Можно положить [3, 4], что размер капель d , получающихся при дроблении жидкой пленки, пропорционален длине волны возмущения и толщине пленки, т. е. $d \sim \sqrt{hl}$.

Измерения по голограммам показали, что длина волны возмущения ~ 280 — 1300 мкм. На фиг. 5 показана фотография капель, получающихся при дроблении жидкой пленки (крупные капли). Их размеры равны 210, 350, 420 мкм, что хорошо согласуется с вышеприведенной формулой.

В верхней части фотографии (фиг. 5) видны мелкодисперсные капли, принадлежащие ядру двухфазного потока. Нетрудно видеть, что все они примерно одного размера (порядка 30 мкм). Аналогичный результат был получен в работе [1], где был доказан монодисперсный характер капель ядра потока с размером, зависящим от перепада давления и составляющим величину порядка 10—30 мкм.

Таким образом, голографический метод позволяет определять размеры пленок, параметры возмущений на границе пленки, дисперсность и концентрацию образующихся капель, т. е. является методом комплексного исследования дисперсно-кольцевого течения в сопле.

Поступила 25 IV 1977

ЛИТЕРАТУРА

1. Лепешинский И. А., Барановский С. И., Тихонов Б. А., Эпштейн В. И. Исследование структуры двухфазного потока в плоском сопле. В сб. «Вопросы газотермодинамики энергоустановок», вып. 1. Харьков, 1974.
2. Голография. Методы и аппаратура. М., «Сов. радио», 1974.
3. Левич В. Г. Физико-химическая гидродинамика. М., Физматгиз, 1959.
4. Бородин В. А., Дитякин Ю. Ф., Клячко Л. А., Ягодкин В. И. Распыливание жидкостей. М., «Машиностроение», 1967.

УДК 532.546

О ВЛИЯНИИ ПРОНИЦАЕМОСТИ И ФОРМЫ НЕОДНОРОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА МАКСИМАЛЬНУЮ БЕЗВОДНУЮ НЕФТЕОТДАЧУ

В. Б. ТАРАНЧУК

(Минск)

Рассматривается изотермическое вытеснение нефти водой, когда капиллярные и гравитационные эффекты не учитываются, проницаемость пласта является кусочно-постоянной функцией, фильтрация подчиняется линейному закону Дарси.

Для модельной задачи о фильтрации в пятиточечной системе с неоднородным по проницаемости включением приведены результаты численного решения, иллюстрирующие зависимость максимальной безводной нефтеотдачи от отношения вязкостей нефти и воды, проницаемости, формы и размеров неоднородных включений.

Система уравнений, описывающих нестационарную изотермическую фильтрацию двух несмешивающихся несжимаемых жидкостей в недеформируемом горизонталь-