

## ЛИТЕРАТУРА

1. Frommhold L. Die Erzeugung schrkrurzer und intensiver UV-Lichtimpulse.— «Z. Naturforsch», 1963, Bd 18a, N T — 5, S. 590.
2. Воробьев В. В., Капнтонов В. А., Кругляков Э. П. Увеличение электрической прочности воды в системе с «диффузионными» электродами.— «Письма в ЖЭТФ», 1974, т. 19, № 2, с. 95.
3. Овчинников И. Т., Яншин К. В., Яншин Э. В. Исследование распределения предпробивных электрических полей в воде с помощью эффекта Керра.— ЖТФ, 1974, т. 44, № 2, с. 472.
4. Orttung W. H., Meyers J. A. The Kerr constant of water.— «J. Chem. Phys.», 1963, vol. 67, N 9, p. 1905.
5. Chen Y., Orttung W. H. Observation of a minimum in the Kerr constants of light and heavy water near 30°.— «J. Chem. Phys.», 1968, vol. 72, N 8, p. 3069.
6. Chen Y., Orttung W. H. Temperature dependence of the Kerr constant of water.— «J. Chem. Phys.», 1972, vol. 76, N 2, p. 216.
7. Waibel J. Kerr-Konstante von Wasser im nahen UV.— «Z. Naturforsch», 1966, Bd 21a, N 1—2, S. 186.
8. Stuart H. A. Elecktrischer Kerr Effect.— In: Handbuch und Jahrbuch der Chem. Phys. Bd. 10/III, Leipzig, 1939, S. 27.
9. Борн М. Оптика. НТИ, Харьков — Киев, 1937.
10. Müller-Pouillets. Lehrbuch der Physik. Bd. II. Lehre von der strahlenden Energie (Optik). Braunschweig, 1929.
11. Физический энциклопедический словарь. Т. 2. М., 1962.
12. Handbook of Physics. Ed. by E. U. Condon, H. Odichaw. N. Y., McGraw — Hill, 1967.
13. Krause S. Ph. D. Thesis. Univ. of California. Berkly, 1957.
14. Pauthenier M. Nouvelles applications de la methode des charges de tres courte duree tres courte et eclairages instantes.— «C. r. Acad. Sci. Paris», 1921, t. 170, p. 583.
15. Szivessey G. Besondere Fälle von Doppelbrechung (Sog. Künstliche oder akridenteller Doppelbrechung).— In: Handbuch der Physik. Bd 21. Berlin, 1929, S. 724.
16. Мюллер В. Электрооптические затворы.— В кн.: Физика быстропротекающих процессов. Т. 1. М., «Мир», 1971, с. 200.
17. McComb H. E. Dispersion of electric double refraction and ordinary dispersion.— «Phys. Rev.», 1909, vol. 29, N 6, p. 525.
18. Szivessey G. Über den elektrooptischen Kerreffekt bei Gasen.— «Zeitschr. Physik», 1924, Bd 26, S 323.
19. JIberg W. Eine Methode zur Bestimmung der Kerr-konstante schlecht isolierender Stoffe mit Hilfe elektrischer Wechselfelder.— «Physik. Zeitschr.», 1928, Bd 29, N 18, S. 670.
20. Водкова Е. А., Замкэв В. А., Налбандов Л. В. Прецизионные измерения абсолютной величины постоянной Керра.— «Оптика и спектроскопия», 1971, т. 30, № 3, с. 556.

УДК 535.36

## К ВОПРОСУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЕТА С ТУРБУЛЕНТНОЙ ЖИДКОСТЬЮ

И. Г. Шекриладзе

(Тбилиси)

Недавно в научной периодике появилась работа [1], подытоживающая проведенный за последние годы цикл исследований [2—4], в области оптики неоднородных сред. Представляется необходимым рассмотрение некоторых основных положений этих исследований.

1. Основным фактором, обуславливающим рассеяние света турбулентным потоком прозрачной и не подвергающейся наружному теплообмену жидкости, согласно [1—4], являются турбулентные пульсации давления, приводящие через пульсации плотности к пульсациям коэффициента преломления.

Авторам [1—4], по-видимому, не было известно, что принятый ими подход к анализу явления ранее уже применялся другими исследователями и был подвергнут критике в монографии [5] как принципиально не соответствующий реальным условиям турбулентной атмосферы. Представляется, что анализ данных [5] позволил бы авторам [1—4] убедиться в неприменимости указанного подхода и в рассматриваемом ими случае турбулентного потока капельной жидкости.

2. В работах [1—4] принимается, что в жидкости, «в частности, при прохождении света в океане могут иметь место изотермические условия и турбулентность будет проявляться через воздействие пульсаций давления, как бы последние не были малы» [1]. К сожалению, в [1—4] обоснование этого спорного тезиса о существенной роли сжимаемости при взаимодействии света с жидкостью отсутствует.

Ниже даются результаты оценок степени изотермичности в турбулентном потоке жидкости, при которой эффект сжимаемости, связанный с пульсациями давления, приобретает преобладающую роль над эффектом температурных пульсаций. В основу оценок положена принятая в [1—4] зависимость

$$(2.1) \quad P' \approx \langle \rho \rangle \langle u \rangle u',$$

где  $\langle \rho \rangle$  и  $\langle u \rangle$  — средние значения плотности и скорости;  $P'$  и  $u'$  — пульсации давления и скорости\*.

Согласно [6], принималось, что  $u'$  составляет 4% от средней скорости жидкости в трубе

Результаты оценок показывают, что в характерном для опытов [1—4] случае (поток воды с температурой 20°C, со скоростью 1 м/с) для обеспечения преобладающей роли пульсаций давления необходимо достижение изотермичности потока с точностью 10<sup>-5</sup>°C. В опытах с этиловым спиртом и фреоном-113 (температура 20°C, скорость 0,4 м/с) требовалось обеспечение изотермичности с точностью 10<sup>-6</sup>°C.

Одновременно следует учесть весьма важное обстоятельство: среднеквадратичные значения пульсации скорости соответствуют вихрям сравнительно большого масштаба, в рассеянии света же могут участвовать лишь турбулентные вихри наименьшего масштаба; учитывая, что амплитуда пульсации скорости существенно падает с уменьшением масштаба турбулентности [6, 7], можно заключить, что по этой причине условия изотермичности должны быть более жесткими еще на один-два порядка.

В рассматриваемых опытах термостатировалась экспериментальная труба с точностью 10<sup>-2</sup>°C [1], и лишь в одном эксперименте обеспечивалась изотермичность с точностью 10<sup>-3</sup>°C, температура при этом контролировалась в самом потоке по смещению полос\*\* [3]. Следовательно, об обеспечении в [1—4] условий сопоставимости между теорией и опытом говорить не приходится.

Процесс диссипации, протекающий в турбулентном потоке неравномерно как во времени, так и в пространстве, ставит принципиальные ограничения на пути достижения изотермичности требуемого порядка. Сделан-

\* По-видимому, наличие в зависимости только компоненты  $u'$  связано с равенством пульсационных составляющих скорости в приосевой области турбулентного потока в трубе, а под величинами  $P'$  и  $u'$  подразумеваются среднеквадратичные значения соответствующих пульсаций.

\*\* В [3] не уточняется, по смещению каких полос и конкретно каким образом контролировалась температура в потоке. Поскольку изотермичность со столь высокой точностью должна была контролироваться не в среднем вдоль какой-либо линии, а для отдельного весьма малого объема потока, масштаб этого объема и техника оптических измерений представляют существенный интерес.

ный в [5] вывод о принципиальной непригодности рассматриваемого подхода для анализа оптических явлений в турбулентной атмосфере не менее правомерен и для случая турбулентной жидкости.

3. В приосевой области течения в трубе (все опыты [1—4] относятся к этой области) компоненты интенсивности турбулентности примерно равны [6]. Это обстоятельство позволяет в определенном приближении связать между среднеквадратичными значениями пульсаций статического давления и скоростью описать известной зависимостью [5—7]

$$(3.1) \quad P' \approx \rho u'^2.$$

К сожалению, обоснование принятой авторами зависимости (2.1), завышающей  $P'$  по сравнению с (3.1) почти на два порядка, в [1—4] отсутствует.

4. В опытах [1—4] было зафиксировано существенное рассеяние света на неоднородностях потока в направлении нормали к первичному излучению. Подобное рассеяние света в боковом направлении имеет место только при наличии неоднородностей масштаба, заметно меньшего длины волны проходящего света [8]. Следовательно, в опытах [1—4] в потоке жидкости имелись неоднородности линейного масштаба, заметно меньшего 0,5 мкм. Можно однозначно показать, что в качестве подобных неоднородностей в опытах [1—4] выступала примесь посторонних частиц. Для этого соплемя на экспериментальные исследования структуры турбулентного потока воды при помощи гидродинамического микроскопа [9,10].

Согласно этим работам, линейный масштаб наименьших вихрей в режимах, практически совпадающих с режимами опытов [1—4], составляет не менее нескольких сотен микронов. Поскольку масштаб вводимых в поток частиц-меток должен быть во много раз меньше, то указанный размер имеет принципиальное значение для метода [9] в целом. Именно приведенный выше минимальный масштаб вихрей позволяет применять частицы-метки диаметром 10-30 мкм.

Таким образом, зафиксированное в опытах [1—4] рассеяние не могло быть связано с чисто турбулентными неоднородностями потока. Оно было обусловлено присутствующей в потоке примесью, турбулентность же играла лишь роль перемешивающего фактора. В целом же достоверную информацию по взаимодействию света с подобным турбулентным потоком жидкости содержит работа [11], представляющая собой разностороннее, тщательно выполненное (как с точки зрения методик, так и с точки зрения интерпретации экспериментальных результатов) исследование оптических явлений, с меньшей четкостью воспроизведенных позже в опытах [1—4].

Отмеченные выше недостатки обусловлены не только недостаточной осведомленностью в достижениях данной узкой области науки, но и тем, что порой вне поля зрения авторов оставались некоторые основные положения оптики неоднородных сред и теории турбулентности. Правда, нельзя не отметить, что публикации [1—4] одновременно свидетельствуют и о заметной эволюции взглядов авторов на изучаемые явления. Так, если в [2] рассматривается только влияние пульсаций давления, то в [3] в исходные зависимости дополнительно вводятся и температурные пульсации, в [1] же идет разговор также о флуктуациях концентрации посторонней примеси. Однако в окончательных аналитических выкладках и в интерпретации опытных данных указанная эволюция отражения не нашла.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аваллани Д. И., Кутателадзе С. С. Взаимодействие света с турбулентным потоком жидкости.— ПМТФ, 1973, № 4.
2. Кутателадзе С. С., Аваллани Д. И. Ослабление луча света на турбулентных пульсациях.— «Докл. АН СССР», 1971, т. 198, № 5.
3. Кутателадзе С. С., Аваллани Д. И. Прохождение света через турбулентную жидкость.— «Докл. АН СССР», 1972, т. 206, № 2.
4. Аваллани Д. И., Зондзе Т. Ш. Рассеяние света на турбулентных пульсациях жидкости.— «Сообщения АН ГССР», 1973, т. 69, № 1.
5. Татарский В. И. Теория флуктуационных явлений при распространении волн в турбулентной атмосфере. М., Изд-во АН СССР, 1959.
6. Хинце. Турбулентность, ее механизм и теория. М., Физматгиз, 1963.
7. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошных сред. М., ГИТТЛ, 1954.
8. Хюлст. Рассеяние света малыми частицами. М., ИЛ, 1961.
9. Фейдж. Изучение потока в пограничном слое с помощью гидродинамического микроскопа.— В кн.: Проблема пограничного слоя и вопросы теплопередачи. М.— Л., Госэнергоиздат, 1960.
10. Орлов В. В. Экспериментальное изучение пристенной турбулентности в канале.— ПМТФ, 1964, № 4.
11. Струмпнекий В. В., Филиппов В. М. Экспериментальные исследования явлений рассеяния света в ламинарных и турбулентных потоках жидкости.— «Изв. АН СССР. ОТН. Механика и машиностроение», 1962, № 6.

УДК 532.529 + 532.52

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ  
ТРАНСЗВУКОВОГО ДВУХФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ

А. В. Калинин

(Москва)

В рамках двухжидкостной гидродинамической модели рассмотрен вопрос о характере особой точки и устойчивости одномерного трансзвукового течения парокapельной смеси в канале переменного сечения.

Показано, что в случае не слишком большого содержания конденсированной фазы особая точка при любых отставаниях капель сохраняет характер седла, присущий гомогенному газовому течению, смещаясь лишь в расширяющуюся часть канала. В этом случае переход дозвукового двухфазного течения в сверхзвуковое устойчив, причем преобладание агломерации капель над дроблением и положительная кривизна профиля канала являются стабилизирующими факторами.

Для течений с более высоким содержанием конденсированной фазы седловой характер особенности возможен лишь при не слишком большом отставании капель. В противном случае точка, где достигается скорость звука, утрачивает характер седла.

В работах [1, 2] предложены физическая модель и замкнутая система уравнений гидромеханики грубодисперсной парокapельной смеси, учитывающая эффекты относительного движения и тепломассообмена фаз и включающая 7 дифференциальных квазилинейных уравнений первого порядка (уравнения сохранения) и 10 конечных уравнений (4 уравнения состояния, 4 уравнения переноса и 2 замыкающих).

Показано, что все характеристические скорости одномерного неустановившегося течения такого рода двухфазной среды являются вещественными, система уравнений одномерного неустановившегося течения удовлетворяет условиям эволюционности и допускает корректную поста-