

ца», причем коэффициент смешивания различных «дырочно-частичных» состояний определяется стандартным методом диагонализации энергетической матрицы. Соответствующие параметры взяты из работы [2]. Следует отметить, что изложенный в этой работе подход приводит, в частности, к различающимся значениям эффективного осцилляторного параметра для  $1p$  и  $(2s - 1d)$ -оболочек в  $N^{16}$ , если соответствующие дырочно-частичные состояния лежат в непрерывном спектре. В настоящем расчете этот результат используется и для состояния дискретного спектра.

На рис. 2 дано сравнение рассчитанного суммарного сечения переходов в связанные состояния  $0-, 1-, 2-$  ядра  $N^{16}$  и полученного экспериментально [4] активационного сечения образования ядра  $N^{16}$  в реакции (2). В пределах ошибок опыта эти величины хорошо согласуются друг с другом при энергиях фотонов вблизи порога рождения мезона.

Авторы выражают благодарность В. В. Балашову за полезные обсуждения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балашов В. В., Коренман Г. Я., Мочарадзе Т. С. «Ядерная физика», 1, 668, 1965.
2. Balashov V. V., Korenman G. Ya., Korotkih V. L., Fetisov V. N. Nucl. Phys., B1, 158, 1967.
3. Ball J. S. Phys. Rev., 124, 2014, 1961.
4. Mayer R. A., Walter W. B., Hummel I. P. Phys. Rev., 138, B1421, 1965.

Поступила в редакцию  
6. 4. 1967 г.

НИИЯФ

УДК 532.507 : 551.465

Н. К. ШЕЛКОВНИКОВ

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В МОРЕ

Турбулентный характер движения морских вод существенно влияет на перенос количества движения, тепла и вещества. Он является одним из определяющих факторов в формировании температурной и плотностной стратификации морских вод. Поэтому изучение пространственно-временных свойств турбулентного движения является важной задачей геофизики. Несмотря на это, число работ, посвященных исследованию пространственно-временных свойств турбулентных неоднородностей в море, океане, весьма ограничено. Имеющиеся работы главным образом посвящены исследованию горизонтальных размеров турбулентных неоднородностей. Так, в [1], [2] и [3] определялся горизонтальный размер неоднородностей в море по спадку функций автокорреляции. В действительности турбулентные образования имеют объемный характер. Следует отметить, что при исследовании микропульсаций температуры или скорости с борта корабля, возможны существенные ошибки из-за качки корабля. Во избежание этого приходится работать с высокочувствительной аппаратурой либо с жесткой платформы (ставить прибор на дно или использовать другие возможности, например как в [4]), либо работать только во время штилевой погоды. В [1] и [2] измерения велись с подводной лодки.

В настоящей работе делается попытка экспериментального исследования пространственной геометрии и динамики температурных неоднородностей в море. С этой целью на кафедре физики моря и вод суши физического факультета МГУ была разработана и создана электронная аппаратура для непрерывной и одновременной регистрации турбулентных флуктуаций температуры в четырех пространственно-разнесенных точках. Каждый из четырех каналов прибора включает в себя следующие блоки: задающий генератор звуковой частоты, измерительный мост, усилитель низкой частоты с фазоопережающей RC цепочкой и фазовый детектор. Регистрирующее устройство, блок питания и пульт управления являются общими для всей аппаратуры и при работе на судне размещались в судовой лаборатории, а все остальные блоки были заключены в стальные контейнеры и опускались на заданную глубину. Связь между контей-

нерами и лабораторной аппаратурой осуществлялась при помощи морского многожильного кабеля РШМ-19. В качестве датчиков пульсаций температуры использовались термисторы типа МТ-54, тепловая инерция которых имеет порядок 0,1 сек. Во время работы датчики крепятся на осях прямоугольного координатного базисного угольника, выполненного из стальных труб с размером баз 120 см. Датчики могут перемещаться вдоль баз. Базисный угольник жестко связан с блоком контейнеров. Подводная часть прибора имеет стабилизатор, ориентирующий прибор по направлению потока.

Поскольку все четыре канала идентичны, то принцип работы прибора будем рассматривать на примере одного из них. Напряжение звуковой частоты (5 кГц) генерируемое LC-генератором подается через согласующий эмитторный повторитель на измерительный мост, в качестве которого служит равноплечий мост переменного тока с терморегулировкой. Два смежных плеча моста — резисторы, а два других — термисторы. Параметры обоих термисторов по возможности подбираются одинаковыми. Один из термисторов выносится в среду и используется как датчик температурных пульсаций, другой используется для дистанционной балансировки моста, путем подогрева термистора печкой. Ток печки и степень расбаланса моста контролируется прибором, расположенными на пульте управления. При изменении температуры среды сопротивление датчика также изменяется, а значит нарушается баланс моста. Сигнал расбаланса, снимаемый с моста усиливается двухкаскадным резистивным усилителем, детектируется и подается на шлейфовый осциллограф Н-700. Скорость протяжки осциллографной ленты выбиралась равной 1 см/сек. Прибор позволяет регистрировать пульсации температуры с точностью до 0,001°. Конструкция прибора позволяет работать с ним как с борта корабля, так и при постановке его на дно. При работе с борта корабля прибор перед опусканием в море ориентировался таким образом, чтобы оси  $x$  и  $y$  базисного угольника лежали в плоскости, параллельной потоку, а ось  $z$  была перпендикулярна ему. При постановке прибора на дно достигалось полное исключение качки корабля за счет большой притравки троса и кабеля. При работе с прибором необходимо было правильно выбрать размер баз. Завышенное значение расстояния между датчиками могло привести к слабой корреляции между двумя измеряемыми процессами. При данных исследованиях на основании [5] и предварительных измерений размер баз был выбран порядка 1 м. После построения функций взаимной корреляции оказалось, что для датчиков, расположенных по оси  $x$  и  $y$  максимальные значения этих функций были больше 0,5, а по оси  $z$  — меньше 0,5. В связи с этим размер базы по оси  $z$  был уменьшен. Анализ полученных данных показывает, что при выбранном размере баз в разных точках измерения, максимальные значения функций взаимной корреляции может быть как больше, так и меньше 0,5. Этот факт при дальнейшей работе с прибором постоянно учитывался.

В результате трех экспедиций на Черное море был получен обширный материал по регистрации пульсаций температуры в четырех пространственно-разнесенных точках. Статистическая обработка осциллограмм осуществлялась с помощью ЭВМ «Стрела». В основу метода обработки был положен объемный корреляционный анализ, разработанный в [6] и [7]. На основании этого метода с помощью пространственно-временной функции корреляции

$$p(\xi, \eta, \zeta, \tau) = \frac{\overline{f(x + \xi, y + \eta, z + \zeta, t + \tau) f(x, y, z, t)} - \overline{f(x, y, z, t)}^2}{\overline{f(x, y, z, t)}^2 - \overline{f(x, y, z, t)}^2}$$

(где черта означает операцию статистического осреднения, а  $\xi, \eta, \zeta$  — смещение вдоль осей неподвижной координатной системы, и  $t, t + \tau$  — моменты времени наблюдения) можно получить такие важные статистические параметры, как геометрия, размер, скорость дрейфа и изменчивость температурных неоднородностей в море.

В настоящей работе приводятся только некоторые предварительные результаты по статистическому исследованию температурных неоднородностей в море. Так для случая работы с борта корабля, когда прибор опускался на глубину до 20 м турбулентные неоднородности температурного поля представляли собой эллипсоиды со следующими средними значениями полуосей:  $A=2,4$  м,  $B=0,9$  м,  $D=0,7$  м. Причем полуось  $A$  совпадала с направлением потока, а вертикальная ось  $D$  была перпендикулярна ему. При этом анизотропия по направлению течения составила  $A/D=3,4$ . Для второй группы измерений, когда регистрирующий прибор стоял на дне, были получены несколько другие (средние) значения размеров температурных неоднородностей:  $A=3$  м,  $B=1$  м,  $D=0,7$  м. Были получены данные о времени жизни турбулентных неоднородностей. Для первой группы измерений оно составило  $\tau_c = 1,73$  сек, а для второй —  $\tau_c = 1,83$  сек. Место работы в обоих случаях было разное.

Таким образом, применение разработанной аппаратуры и корреляционного метода позволило прямым методом определить объемные характеристики температурных неоднородностей в море.

Автор выражает глубокую благодарность С. В. Доброклонскому, С. Ф. Миркотану, Г. Г. Хунджуа за научное руководство данной работой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Urick, Searfoss. NLL Report, 3392, 1948.
2. Libermann L. J. Acoust. Soc. America, 23, 563, 1951.
3. Dunn D. J. Elestr. Eng. 37, 499, 1965.
4. Контобойцева Н. В. «Изв. АН СССР», сер. геофиз., № 1, 1958.
5. Гусев В. Д., Миркотан С. Ф., Березин Ю. В., Княжковский М. П. «Вестн. Моск. ун-та», сер. мат., мех., астрон., физ., химии, № 4, 105, 1951.
6. Гусев В. Д., Миркотан С. Ф. В сб. Исследование неоднородностей в ионосфере, № 4, сер. МГГ. Изд-во АН СССР, 1960.
7. Миркотан С. Ф. В сб. Исследование неоднородностей в ионосфере, № 4, сер. МГГ. Изд-во АН СССР, 1960.

Поступила в редакцию  
12. 2 1967 г.

Кафедра  
физики моря и вод суши