

*Р. С. Фахрутдинов*

**МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ОБ ИСКАЖАЮЩЕМ  
ВЛИЯНИИ СУДНА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН  
И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ МЕСТ  
РАЗМЕЩЕНИЯ НА СУДАХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

Метеорологические наблюдения на сухопутных метеорологических станциях проводятся на специально выбранных ровных и открытых площадках. Измеряемые на них метеорологические и актинометрические величины и их характеристики отражают с большой надежностью ход метеорологических и актинометрических величин в естественных условиях. Таких условий измерений трудно добиться на судне.

Судно для воздушного потока является препятствием плохо обтекаемой формы. К тому же условия его обтекания при разных курсовых углах ветра могут меняться коренным образом. Поэтому многие измеряемые с борта судна метеорологические величины могут отличаться по своим значениям от наблюдаемых на открытой акватории водной поверхности в районе измерений. К тому же волнение, вибрация судна, возможные электромагнитные наводки вносят дополнительные искажения в результаты измерений тех или иных величин.

Гидрометеорологические наблюдения производятся с судов разных типов. Большое разнообразие водоизмещения судов и их конфигурации, с учетом указанного, затрудняет рекомендацию единых для всех типов судов мест размещения (установки) на них измерительной аппаратуры с целью получения надежной информации о состоянии приводного слоя атмосферы и поверхности океана.

Проведенные в 1970—1990 г. натурные эксперименты по оценке искажающего влияния конфигурации судов и их водоизмещения на результаты измерения основных гидрометеорологических величин подтверждают указанное [1—5]. В то же время анализ выполненных исследований позволил выделить некоторые закономерности структуры обтекающего судно воздушного потока при определенных условиях движения (ход, дрейф), состоянии поверхности моря и погоде, что позволило сформулировать ряд рекомендаций по размещению на судах измерительной аппаратуры. Учет этих рекомендаций позволит получать более достоверную информацию с борта судов в приводном слое атмосферы и на поверхности океана.

Часть таких рекомендаций и выводов уже учтена в работах [6, 7]: в методиках выполнения измерений при производстве морских гидрометеорологических наблюдений с борта судна для целей прогноза погоды и режимных (климатических) обобщений. Однако для решения ряда научных и практических задач часто нужны данные отдельных или комплексных измерений гидрометеорологических величин (ГМВ) на разных высотах от уровня морской поверхности и часто с разной точностью. Кроме того, рекомендации по размещению на судах измерительных преобразователей, приведенные в работах [6, 7], по разным причинам не всегда реализуемы (из-за отсутствия разрешения морского регистра на крепление по бортам разных выстрелов, рей или других приспособлений на конкретном судне, из-за отсутствия приборов, рекомендуемых для измерений в работах [6, 7] и т. д.). Поэтому признано целесообразным в данных исследованиях представлять информацию (количественные и качественные оценки) об искажающем влиянии судов водоизмещением более 1000 т на результаты измерений основных ГМВ, полученных по данным морских экспедиционных исследований.

В данной статье приведена информация об искажении судном воздушного потока и искажающем влиянии судна на результаты измерений с его борта следующих величин:

- направления и скорости истинного ветра,
- температуры воздуха,
- атмосферного давления,
- температуры поверхностного слоя воды,
- атмосферных осадков.

Исследования искажающего влияния судна на результаты измерений основных ГМВ проведены на судах Росгидромета следующих типов:

- «Валериан Урываев», проект 1532, водоизмещение 1100 т,
- «Пассат», проект В-88, водоизмещение 4150 т,
- «Виктор Бугаев», проект В-88, водоизмещение 4470 т,
- «Академик Королев», проект 986, водоизмещение 7000 т,
- «Профессор Зубов», проект 986 г, водоизмещение 7000 т,
- «Океанограф», проект 1322, водоизмещение 145 т.

## **1. Влияние судна на трансформацию обтекающего его воздушного потока**

В качестве метода исследования применена съемка воздушного потока с борта судна при помощи уравновешенных флюгарок, лимбы которых крепились на шестах длиной 7 м. Съемка картины обтекания судна воздушным потоком производилась в следующих его частях:

— на баке, полубаке и кормовой части судна на разном расстоянии от борта в сторону моря с шагом удаления 1 м;  
— в лобовой части надстройки на уровне шлюпочной (10 м над уровнем моря) и пеленгаторной палуб (11 м над уровнем моря);  
— по горизонтальным сечениям (в районе бака, полубака и носового трюма).

Исходя из изложенного, можно сделать следующие общие выводы.

1. Состояние судна — ход:

— скорость хода 14,5 узлов,  
— скорость истинного ветра 16 м/с,  
— направление курсового ветра\* 0—10°.

Получены следующие результаты искажающего влияния судна на обтекающий его воздушный поток при указанных условиях:

— перед форштевнем в диаметральной плоскости судна на высоте 10 м над уровнем моря невозмущенный поток наблюдался уже на расстоянии 1 м и далее от борта судна, в то время как на планшюре по всему периметру судна зафиксированы сильные завихрения, и только в кормовой части направления воздушных потоков совпадали с направлением курсового ветра;

— на расстоянии 1 м от наветренного борта отклонение воздушного потока от курсового ветра наибольшее в районе полубака и надстроек, а в 2 м от борта по всему периметру судна поток практически не возмущен (в пределах погрешности измерения его направления);

— в районе лобовой части надстройки даже на расстоянии 3 м от борта отклонения воздушного потока от направления курсового ветра достигали 40—45°;

— на самом окончании полубака и на колонне около форштевня (на колонне актинометрической стрелы) [8], на высоте 2 м от палубы при курсовом угле ветра около 0° поток практически не искажен (очевидно, угол наклона и развал скул носа судна раздваивает поток, не отклоняя его вверх);

— в горизонтальных сечениях в районе полубака и трюма отклонения воздушного потока от курсового ветра значительны даже на уровне 4 м от палубы (на меньших высотах поток над обоими палубами настолько завихрен, что выявить какую-либо закономерность его движения трудно);

— на пеленгаторной палубе (примерно на 6 м выше шлюпочной палубы) на расстоянии более 3 м от лобовой части надстройки в направлении форштевня поток практически не возмущен, но на расстоя-

\* Здесь под курсовым ветром понимается угол между диаметральной плоскостью судна и направлением ветра, измеренным на судне, в работах [8, 10] такой ветер назван «кажущимся».

нии менее 1 м наблюдался сдвиг потока (отклонение от горизонтального направления) вверх на  $90^\circ$  и горизонтальное направление восстанавливалось на высоте более 3 м от планширя пеленгаторной палубы.

2. Состояние судна — дрейф: курсовой ветер направлен перпендикулярно диаметральной плоскости судна.

Результаты искажающего влияния судна на изменение воздушного потока при указанных условиях следующие:

— в горизонтальной плоскости на высотах 7—10 м над уровнем моря на расстоянии 2 м и более от борта по всему периметру судна воздушный поток практически не искажен вдоль всего корпуса судна, исключая район высокого полубака, где отклонения воздушного потока от курсового ветра достигали  $15\text{—}20^\circ$ ;

— в вертикальной плоскости сдвиг направления воздушного потока вверх наблюдался на расстоянии 4 м от борта судна, по мере приближения к борту этот угол увеличивался до  $25\text{—}40^\circ$  уже на расстоянии 2 м от борта и до  $45\text{—}55^\circ$  непосредственно у борта;

— в районе фок-мачты сдвиг воздушного потока достигал  $15\text{—}20^\circ$ ;

— в районе клотика фок-мачты в местах установки измерительных преобразователей ветра в районе направленных угловых ажурных антенн (высота около 26 м над ватерлинией) сдвиг воздушного потока вверх практически не наблюдался. Следовательно, такие антенны не искажают направление воздушного потока.

## 1. Влияние судна на результаты измерений параметров ветра

### 1.1. Влияние рыскания судна

Логично полагать, что рыскание судна с периодом, значительно меньшим периода осреднения скорости и направления ветра, не может сильно влиять на средние значения направления и скорости истинного ветра, в то время как длиннопериодные колебания курса за счет рыскания должны вносить погрешности в результаты измерений скорости и направления истинного ветра.

Чтобы количественно оценить изменения курса судна за счет его рыскания при наличии волнения, а также влияние этого рыскания на результаты измерений скорости и направления истинного ветра, анализировались записи курсографов, сделанные на указанных судах. Всего проанализировано 50 записей рыскания судов в дрейфе и на ходу, длительность которых позволяла применять для обработки аппарат математической статистики.

### **1.2. Влияние ветровых волн**

1. Ветровые волны высотой до 3 м практически не влияют на изменение ориентации судна в дрейфе и на изменение его курса на ходу — в этих ситуациях рыскание судна не превышало  $1-2^\circ$ .

2. При ветровых волнах высотой 3—5 м изменения ориентации судна в дрейфе и его рыскание на ходу наблюдались в пределах  $10-15^\circ$  с периодом 1,2—1,8 мин в дрейфе и не более 3 мин на ходу со скоростью рыскания судна в пределах  $12-18$  с/° в дрейфе и около 8 с/° на ходу.

### **1.3. Влияние зыби**

1. При зыби высотой до 2 м, как и в случае ветровых волн, рыскание судна на его ходу и в дрейфе не превышает  $1-2^\circ$ .

2. При зыби высотой 2—3 м на ходу рыскание судна наблюдалось в пределах  $2-4^\circ$  с периодом около 1,5 мин и скоростью от 20 до 40 с/°. В дрейфе при указанной зыби рыскание судна наблюдалось уже в пределах  $20-50^\circ$  с периодом 9—18 мин и скоростью  $12-30$  с/°.

3. При высоте зыби 3,0—5,5 м на ходу рыскание судна достигало  $6-10^\circ$  с периодом 1,5—3,0 мин и скоростью  $12-27$  с/°. Максимальные изменения курса при этом достигали  $12-15^\circ$ , период рыскания оставался прежним (1,5—3,0 мин), а скорость изменения курса возрастала до 8 с/°.

В дрейфе рыскание судна резко возрастало: изменение ориентации судна наблюдалось в пределах  $15-60^\circ$  с периодом 10—14 мин и скоростью  $14-40$  с/°. Особенно следует выделить случаи дрейфа судна при зыби высотой 4—5 м и слабом (3—6 м/с) ветре — в этих условиях рыскание судна доходило до  $60^\circ$  с периодом 15—18 мин и скоростью до  $8-10$  с/°. В таких ситуациях даже при самом тщательном соблюдении методик измерения характеристик ветра, приведенных в работах [9, 10], ошибка в определении направления истинного ветра может достигать до  $30^\circ$ .

4. При зыби более 5,5 м в дрейфе рыскание судна наблюдалось в пределах  $35-50^\circ$  с периодом 10—15 мин и скоростью  $10-30$  с/°.

С учетом сказанного при измерениях скорости ветра с борта судна необходимо использовать следующие рекомендации:

— в случае ветровых волн высотой до 3 м и зыби высотой до 2 м влиянием рыскания судна на ходу и в дрейфе на результаты измерений скорости и направления истинного ветра с борта судна можно пренебречь, если соблюдены методики измерений, приведенные в работах [9, 10];

— при ветровых волнах высотой 3—5 м влиянием рыскания судна на ходу и в дрейфе также можно пренебречь, если скорость и направле-

ние истинного ветра измеряются по методикам, принятым на морской судовой сети [9, 10], по причине того, что период рыскания судна на ходу и в дрейфе существенно меньше периода осреднения скорости и направления ветра, предусмотренного в этих методиках. При измерениях скорости и направления ветра с осреднением менее 10 мин для получения более корректных данных о скорости и направлении истинного ветра рекомендуется осреднять данные о курсе судна за тот же период, за который осредняются измеряемые параметры истинного ветра;

— при зыби высотой 3 м и более на ходу судна и в его дрейфе для исключения влияния рыскания судна на результаты измерений скорости и направления истинного ветра следует подходить дифференцированно к методикам измерения, отличным от приведенных в работах [9, 10], т. е. в зависимости от назначения использования данных о ветре. При этом необходимо выполнять требования к методикам измерений скорости и направления истинного ветра с борта судна, сформулированным в работе [8] (при измерениях параметров ветра данные об ориентации судна в дрейфе и курсе судна необходимо осреднять за тот же период времени, за который осредняются при производстве измерений скорость и направление истинного ветра).

#### ***1.4. Влияние килевой и бортовой качки***

**Метод исследования.** Исследования проводились на НИСП «Виктор Бугаев» при помощи самописца крена судна. Анализ выполнен по 250—1500 измерениям параметров крена судна в разных погодных условиях. Получены следующие результаты:

— при прочих равных условиях на ходу судна крен в 2 раза меньше, чем в дрейфе;

— период крена колеблется от 3 до 5 с и мало зависит от осадки судна, гораздо больше он зависит от направления воздействия ветра и волн;

— постоянная составляющая крена наблюдалась около 1—2°, средний размах составлял 6—10° при высоте волн 3—5 м, а максимальный при этом достигал 15—20°; наибольший размах крена отмечен в условиях, когда направления ветровых волн и зыби практически совпадали.

**Основные рекомендации.** Влияние крена судна на результаты измерения параметров ветра следует учитывать при крене более 6° и высоте волн более 3 м. Расчеты показали, что при среднем крене 6—8° и высоте волн 3—5 м скорость истинного ветра завышается на 1 м/с, а при крене 15—18° это увеличение составляет уже 3,5 м/с по сравнению с условиями отсутствия крена и слабом волнении.

### 1.5. Влияние ветра на дрейф судна\*

Метод исследования. Проведены наблюдения над ветром и дрейфом судна в центре Северной Атлантики (в районе  $65^\circ$  с. ш.) на океанской станции «С». Постоянные течения в этом районе практически отсутствуют, поэтому полагалось, что дрейф судна относительно какой-то точки обусловлен только воздействием ветра. В качестве такой точки использован буй автономной буйковой станции [11], снабженный уголковым радиолокационным отражателем — расстояние до него определялось судовой радиолокационной станцией (РЛС) с погрешностью до 10 м.

Чтобы выявить влияние дрейфа, проанализировано 550 наблюдений над скоростью и направлением ветра и дрейфа, причем для анализа отбирались те случаи, когда судно дрейфовало не менее 4 ч, а параметры ветра, определяемые ежечасно, практически оставались постоянными.

Общие выводы (для судов водоизмещением 1000—7000 т):

— зависимость между скоростью ветра и скоростью дрейфа линейна, несмотря на изменение осадки судна по мере расхода топлива;

— среднее значение дрейфового коэффициента, рассчитываемого по соотношению  $V_{\text{дрейфа}}/V_{\text{ветра}}$ , приблизительно равно 0,065, а это означает, что оценить скорость дрейфа судна для указанных типов судов можно по формуле

$$V_{\text{дрейфа}} = 0,065 V_{\text{ветра}},$$

где  $V_{\text{ветра}}$  — скорость ветра, измеренная на дрейфующем судне.

Соответственно скорость истинного ветра

$$V_{\text{ист}} = 0,935 V_{\text{ветра}},$$

Таким образом, скорость истинного ветра, которая измеряется с борта судна, находящегося в дрейфе, занижается на значение скорости дрейфа судна;

— логично полагать, что суда меньшего водоизмещения имеют большую скорость дрейфа, а большего водоизмещения — меньшую скорость при одной и той же скорости ветра.

---

\* Учет скорости и направления дрейфа под воздействием ветра прежде всего необходим океанографам для расчета точки начала выполнения гидрологической станции при выполнении глубоководных океанографических измерений.

### **1.6. Влияние корпуса судна на результаты измерения скорости ветра**

Метод исследования. Исследования проводились в следующих условиях:

— район плавания судна — центр Северной Атлантики (в районе 65° с. ш.), где разность температуры вода—воздух не превышала  $\pm 2$  °С.

— ветровые датчики — анемометры М-92 [12], установленные в разных частях судна; один анемометр был установлен на выстреле с носа судна на высоте 10 м над уровнем моря на расстоянии 10,5 м от носа судна и располагался над водной поверхностью;

— 10-минутное осреднение скорости и направления ветра, результаты измерений скорости ветра по всем анемометрам приводились к высоте 10 м по методике ГГО им. А. И. Воейкова () [5];

— объем выборки — 1100 синхронных измерений по всем анемометрам; в качестве эталона (с которым сравнивались показания других анемометров) использован анемометр М-92, установленный на топе фок-мачты на высоте 26,5 м от ватерлинии.

**Общие выводы.**

1. Результаты сравнения скорости ветра, измеренной по анемометру, установленному на выстреле в носовой части судна над водной поверхностью, с эталонным:

— при курсовых углах 0—135° практически не различаются значения скорости ветра, определенные по указанному и эталонному анемометрам;

— при курсовых углах 135° и более появляются отличия скорости ветра, измеренной указанными анемометрами, от эталона, которые максимальны при курсовых углах ветра, близких к 180°.

2. Результаты сравнения скорости ветра, измеренной по анемометрам, установленным на крыльях ходового мостика на высотах 8 м над ватерлинией, со скоростью, измеренной эталонным анемометром, при условии, что скорость ветра в районе ходового мостика измерялась с наветренного борта:

— в районе крыльев ходового мостика воздушный поток всегда заторможен (измеренная скорость ветра в этих местах меньше измеренной эталонным анемометром) при любых курсовых углах ветра (исследования искажения направления ветра показали, что в районе ходового мостика обтекание происходит под вертикальным углом в 50—55°, в результате горизонтальная составляющая скорости ветра мала);

— по мере удаления от борта судна на расстояние 2—4 м по прежнему воздушный поток заторможен, хотя по мере удаления от борта это торможение уменьшается.



3. Результаты сравнения скорости ветра, измеренной анемометрами, установленными по обоим бортам пеленгаторной палубы на высоте 11 м над ватерлинией, с измеренной эталонным анемометром, при условии, что скорость ветра измерялась с наветренного борта:

— при курсовых углах  $0-45^\circ$  скорость воздушного потока выше, чем измеренная эталонным анемометром, хотя последний был установлен на 15 м выше пеленгаторной палубы;

— при курсовых углах ветра более  $45^\circ$  уменьшаются различия между скоростями ветра, измеренными обоими анемометрами, по причине торможения воздушного потока за счет отклонения от горизонтально-го и экранирования его палубой и надстройками судна.

4. Результаты сравнений скорости ветра, измеренной по анемометру, установленному на марсовой площадке на высоте 26 м над ватерлинией, со скоростью, измеренной эталонным анемометром:

— при курсовых углах ветра  $0-135^\circ$  различия в скоростях ветра между обоими анемометрами практически отсутствуют;

— при курсовых углах  $135-180^\circ$  воздушный поток искажается — наблюдаемые различия между обоими анемометрами превышают погрешности измерения ими скорости ветра указанными анемометрами.

5. Результаты сравнений скорости ветра, измеренной анемометром, установленным на носовой колонне в 15 м над ватерлинией и в 5 м над палубой судна, со скоростью ветра, измеренной эталонным анемометром:

— при курсовых углах ветра  $0-120^\circ$  скорость ветра, измеренная на носовой колонне, несколько выше измеренной по эталонному анемометру из-за сгущения линий тока при обтекании судна воздушным потоком;

— при курсовых углах ветра  $120-180^\circ$  наблюдается постепенное торможение воздушного потока на носовой колонне, при приближении к  $180^\circ$  отмечается наибольшая разница между скоростями ветра, измеренной обоими анемометрами.

### ***1.7. Количественные оценки влияния судна на результаты измерений скорости ветра***

Метод исследования. Исследования проводились в следующих условиях:

— анемометрическая съемка воздушного потока на судах «Профессор Зубов» и «Океанограф»;

— синхронные измерения скорости и направления ветра по ветроизмерительным приборам, установленным на указанных судах и автономном бую;

— используемые ветроизмерительные приборы — анемометры М-92, судовые дистанционные станции (СДС), индукционные анемометры АРИ-49 [10];

— схема размещения анемометров на судне «Профессор Зубов»: на носовом выстреле на высоте 8,7 м над уровнем моря, на топе грузовой колонны на высоте 23,0 м, на рее фок-мачты на высоте 28,0 м, на топе грот-мачты на высотах 24,5 и 29,5 м; на судне «Океанограф» — на топе фок-мачты на высоте 15 м над уровнем моря;

— период осреднения при измерениях параметров ветра и курса судна 10 мин;

— сравнивались результаты измерений скорости ветра, приведенные к одной высоте (приведение осуществлено по ветровым профилям, которые строились по данным измерений скорости ветра на буге и специального ветрового зондирования пограничного слоя атмосферы) [4].

Приведем основные рекомендации, которые следует, по возможности, учитывать при измерениях скорости ветра с борта судна.

1. Искажающее влияние судна наиболее сильно проявляется при больших скоростях кажущегося ветра, т. е. при больших скоростях истинного ветра на большом ходу судна.

2. Наиболее благоприятны условия для измерения скорости ветра на грузовой колонне, на концах рее фок-мачты и на носовой стреле при курсовых углах ветра 0—45°. При этих углах для всех режимов работы судна (ход, дрейф), размещая ветроизмерительных приборов в указанных местах, можно обеспечить получение данных измерений скорости ветра с погрешностью в среднем около  $\pm 0,5$  м/с, хотя при отдельных измерениях ошибки могут достигать 1,5—2,0 м/с.

3. На малом ходу и в дрейфе грузовая колонна является репрезентативным местом размещения ветроизмерительных приборов и при курсовых углах ветра 45—120°.

4. Указанной погрешности измерений скорости ветра на ходу судна (около  $\pm 0,5$  м/с) можно достичь, если размещать ветроизмерительные приборы на концах рее фок-мачты при курсовых углах ветра 10—165°, а на малом ходу судна и в дрейфе — если размещать приборы на топе грот-мачты при курсовых углах ветра от 75—120°.

5. При использовании СДС минимальной погрешности (не более  $\pm 1$  м/с) можно достичь, измеряя скорость ветра на ходу судна и в дрейфе при курсовых углах более 10°. При нулевых курсовых углах ветра погрешность измерения скорости ветра по СДС увеличивается, при этом наблюдается увеличение ошибки на больших скоростях ветра (систематические завышения скорости ветра при курсовых углах ветра 0—10° в среднем достигают 2—3 м/с).

6. В дрейфе и при курсовых углах ветра  $0-45^\circ$  может быть надежно получен градиент ветра в слое 9—23 м по ветроизмерительным приборам, установленным на носовом выстреле (на актинометрической стреле [8, 9]) и грузовой колонне (при скорости ветра 4—7 м/с погрешность определения градиента скорости ветра находится в пределах  $0-0,3$  м/с, что составляет 15 % значения самого градиента).

## 2. Влияние судна на результаты измерений температуры воздуха

### 2.1. Влияние палубы судна

Метод исследования. Термометрическая съемка производилась в Северной Атлантике зимой в условиях полярной ночи («Профессор Зубов»), и в низких широтах Атлантического океана летом (судно типа «Пассат»). На судне типа «Пассат» съемка осуществлена на ходу, а также в дрейфе, а на судне «Профессор Зубов» — только на ходу.

Методика съемок. В нескольких точках непосредственно на палубе одновременно измерялась температура воздуха при помощи аспирационных психрометров МВ-4М (психрометров Ассмана) [12]:

— у бортов при измерениях психрометры располагались горизонтально патрубками в сторону моря;

— в других точках психрометры располагались горизонтально патрубками навстречу воздушному потоку, либо вертикально патрубками вниз. В этом случае оценивалась максимально возможное искажение температуры воздуха палубой и надстройками судна;

— в качестве эталонных измерений использованы данные о температуре воздуха, измеряемой указанными психрометрами с наветренного борта с выстрелов длиной 2,5 м в соответствии с рекомендациями [9, 10].

Приведем основные рекомендации, которые следует учитывать при измерениях температуры воздуха с борта судна [1, 6].

1. При любых условиях измерений (на ходу судна или в дрейфе, или при облачной погоде, при плавании в низких или высоких широтах, исключая условия малооблачной погоды, когда наблюдается длительное облучение Солнцем наветренного борта) температуру воздуха можно измерять при помощи любых термометров (кроме радиометрических), но только с наветренного борта судна. Как правило, при таких условиях температура воздуха в дневные часы над палубой выше измеренной с выстрела наветренного борта, т. е. разница значений температуры  $\Delta t^*$  всегда положительная. Максимальные расхождения значений температуры, измеренных в разных частях судна при условии, что пат-

рубки психрометров были направлены навстречу воздушному потоку, достигали в дневные часы на ходу  $1,4^{\circ}\text{C}$  в тропических и  $0,7^{\circ}\text{C}$  в северных широтах. При плавании только в низких широтах разница значений температуры воздуха, измеряемых с наветренного и подветренного бортов, может достигать в среднем  $0,3^{\circ}\text{C}$  при максимуме около  $0,7^{\circ}\text{C}$ . При плавании в высоких широтах в условиях полярной ночи измерять температуру воздуха на ходу судна можно с любого борта. В указанных условиях плавания при измерениях температуры воздуха с разных частей судна значения  $\Delta t$  изменялись от 0 до  $0,6^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta t_{\text{ср}} = 0,2^{\circ}\text{C}$ ) вблизи наветренного борта и также от 0 до  $0,6^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta t_{\text{ср}} = 0,3^{\circ}\text{C}$ ) при соответствующих измерениях вблизи подветренного борта.

2. Измерять температуру воздуха на ходу судна также можно с любого борта в условиях пасмурной погоды (при облачности близкой к 10/10 баллов) при плавании и в низких, и в высоких широтах.

3. В малооблачную погоду, когда Солнце расположено с наветренного борта, при плавании в низких и умеренных широтах перегрев наветренного борта может приводить к завышению температуры воздуха на ходу судна до  $0,4^{\circ}\text{C}$ . В дрейфе влияние перегрева наветренного борта на результаты измерения температуры воздуха усиливается.

4. В одиночном плавании (когда судно не участвует в каких-либо научных экспериментах) на ходу судна температуру воздуха можно измерять практически с любой части наветренного борта непосредственно с палубы судна, располагая патрубки психрометров (Ассмана или других типов на базе психрометра Ассмана) навстречу воздушному потоку. Температура воздуха при таких измерениях будет в среднем завышена на  $0,2^{\circ}\text{C}$  по сравнению с температурой воздуха, измеренной с психрометрического выстрела, что находится в пределах погрешности измерений температуры воздуха любыми термометрами с борта судна.

5. При проведении морских научных экспедиций с участием нескольких судов для получения сравнимых данных о температуре воздуха следует уделять особое внимание методике измерения температуры воздуха с борта судна — в ней должны быть отражены не только традиционные требования, связанные с местами размещения измерительных преобразователей температуры воздуха на судах, со сроками измерений и периодом осреднения и т. д., но и должны быть сформулированы требования к учету положения Солнца по отношению к наветренному и подветренному бортам при проведении измерений, понимая под этим длительность облучения Солнцем каждого борта в отдельности.

---

\* Здесь и далее  $\Delta t = \Delta t_I - \Delta t_{\text{эт}}$ , где  $\Delta t_I$  — температура, измеренная в конкретной точке судна,  $\Delta t_{\text{эт}}$  — с выстрела наветренного борта.

## **2.2. Оценка влияния длительности определений температуры воздуха по психрометрам, установленным на психрометрических выстрелах, подведенных к борту для снятия отсчетов по термометрам**

Методика исследований. Измерения производились в диапазоне температуры 25—27 °С при больших высотах Солнца, когда возможно наибольшее влияние нагрева корпуса судна на результаты измерений температуры воздуха. При измерениях температуры воздуха с подведенных к борту психрометров резервуары термометров находились над водой; отсчеты по термометрам осуществлялись через 0,20,40,60,80,100 и 120 с после подведения психрометрических выстрелов к борту судна.

Основные рекомендации при измерениях температуры воздуха. Если соблюдаются методики измерений температуры воздуха с борта судна, приведенные в работах [9, 10], то можно пренебречь влиянием корпуса судна на показания термометров в течение 10—15 с (времени, затрачиваемого на снятие отсчетов по термометрам) во всех ситуациях (в ясную или пасмурную погоду, при измерениях с наветренного или подветренного борта, на ходу судна или в дрейфе). Даже по истечении 120 с разности между показаниями термометров, снятыми через 0 и 120 с после подведения психрометров к борту, не превышали в среднем 0,2 °С, что находится пределах погрешности измерений температуры по ртутным термометрам.

## **3. Влияние судна на результаты измерений температуры поверхностного слоя воды [ТПСВ]**

Метод исследования. Проведено 150 серий синхронных измерений ТПСВ в четырех точках в тропической зоне Атлантики (в районах интенсивной солнечной радиации) при температуре воды 27—28 °С, а также 106 серий синхронных измерений ТПСВ в четырех точках в Северной Атлантике (в точке «С») при температуре воды 6—13 °С.

В тропической зоне ТПСВ измерялась следующим образом:

- непосредственно ртутным термометром в оправе и в ведре (измерение температуры воды, поднятой на борт при помощи ведра [8, 9]);
- с кормы ртутным термометром в оправе;
- с левого и правого борта на носу судна на 1,5 м ниже ватерлинии платиновым термометром сопротивления (ПТС-500);

За эталонные принимались данные измерений ТПСВ ртутным термометром в оправе, производимые с подветренного борта на глубине около 1 м.

В северной Атлантике измерения производились ртутными термометрами с левого и правого бортов судна, а также ПТС-500, установленными по обоим бортам в носовой части судна.

Основные рекомендации при измерениях ТПСВ [6]. В любом районе Мирового океана ТПСВ можно измерять любым термометром и любым методом с любой точки судна. Исключение составляют места сброса судном отработанных вод. При выполнении этих условий максимальные различия в значениях ТПСВ, полученные разными термометрами и методами, не превышают  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т. е. соизмеримы с инструментальной погрешностью приборов.

#### **4. Влияние судна на результаты измерений атмосферного давления**

##### ***4.1. Влияние работы кондиционера***

Метод исследования — барометрическая съемка, выполненная на двух судах типа «Пассат» барометрами-анероидами М-67 [10].

Методика проведения съемки: синхронные измерения атмосферного давления по барометрам-анероидам, установленным в четырех местах на судне:

- 1) в метеорологической лаборатории (в каюте) в удаленном месте от кондиционера и от попадания на барометр прямых солнечных лучей;
- 2) в той же лаборатории у иллюминатора, под кондиционером;
- 3) в той же лаборатории у иллюминатора, но на удалении от кондиционера;
- 4) в соседних с лабораторией двух каютах, в одной из которых кондиционер работал при открытой двери, а в другой — при закрытой;

Произведено 150 серий синхронных измерений атмосферного давления в одной лаборатории и 419 серий в обоих одновременно. Анализировались показания барометров-анероидов, исправленные всеми поправками [9].

Общие рекомендации при измерениях атмосферного давления по барометрам, не контактирующим с наружным воздухом, как предусмотрено в судовой автоматической гидрометеорологической станции (САГМС) [9]. Измерять атмосферное давление можно по любым барометрам, размещаемым в судовых помещениях (рубке, метеорологической лаборатории, каюте). При этом, снимая отсчеты по барометрам, следует приоткрывать двери или иллюминаторы этих помещений, так как работа кондиционера, нагнетающего воздух в помещение, приводит к завышению атмосферного давления, которое

в среднем составляет 0,10—0,14 гПа. Работа кондиционеров, отсасывающих воздух из помещения, приводит к занижению атмосферного давления примерно на столько же. Вибрация судна оказывает только положительное влияние на работу anerоидов — их стрелки при измерениях не застревают.

#### **4.2. Влияние волнения**

Метод исследования — барометрическая съемка на нескольких судах типа «Пассат» при разном волнении морской поверхности.

Методика проведения съемки:

— синхронные измерения атмосферного давления по четырем барометрам-анероидам; объем выборки — 1243 одновременных измерений по всем барометрам-анероидам для четырех градаций высот волн: до 2 м, 2—4 м, 4—6 м и 6—8 м;

— за эталонные значения разностей между показаниями двух anerоидов приняты среднеквадратические отклонения значений этих разностей, рассчитанные для высот волн до 2 м;

Основные рекомендации при измерениях атмосферного давления с борта судна в условиях волнения:

— при измерении атмосферного давления барометрами-анероидами типа М-67 можно пренебречь влиянием волнения на результаты измерений, так как у этих приборов велика инструментальная погрешность ( $\pm 0,8$  гПа). Выявленные расхождения их показаний в условиях разных высот волн, как правило, случайны и соизмеримы с их инструментальными погрешностями;

— при использовании для измерений барометров с меньшими инструментальными погрешностями необходимы дополнительные исследования влияния волнения на результаты измерений атмосферного давления этими барометрами.

#### **5. Влияние судна на результаты измерений атмосферных осадков**

Метод исследования — осадкомерная съемка судна (НИС «Академик Королев») в Индийском океане, одновременно исследовались искажения воздушного потока судном методом подкрашивания потока дымовыми шашками.

Метод проведения съемки. В 17 точках судна устанавливались осадкомеры, описание которых приведено в работе [9]. Высота

установки осадкоприемников от ватерлинии составляла 5—29 м. Измерения осадков производились на ходу судна и в дрейфе после каждого дождя. В каждой точке на ходу выполнено по 30 измерений количества осадков, в дрейфе — по 28. В качестве эталонных измерений условно приняты измерения количества осадков по осадкоприемникам, установленным на носовом выстреле (на актинометрической стреле [9]) и на топе грузовой колонны: поскольку при проведении съемок волнение океана в основном не превышало 2 балла, при отдельных измерениях оно достигало 4 баллов. Предполагалось, что забрызгивания осадкоприемников в этих местах не наблюдалось.

Основные рекомендации при измерении осадков [3, 6]:

— на судах типа «Академик Королев» репрезентативным местом установки осадкоприемников можно считать нок выстрелов длиной 1,5—2,0 м на топе грузовой колонны;

— на судах типа «Пассат» репрезентативен топ фок-мачты: в районе надстроек в центральной части судна отмечается уменьшение (до 70 %) количества выпавших осадков из-за их выдувания или сноса с осадкоприемника. По мере удаления осадкоприемников от надстроек по вертикали искажение осадков уменьшалось и уже в районе марсовой площадки уменьшение осадков не превышало 30 %. В районе бака и кормы отмечалось увеличение (в среднем до 10 %) осадков, очевидно, по причине забрызгивания осадкоприемника или за счет «надува» осадков в осадкоприемник, либо по причине обоих этих факторов;

— устанавливать осадкоприемники на планширях мостика или на палубе не рекомендуется: при небольших высотах установки осадкоприемников над ватерлинией при волнении более 4 баллов возможно забрызгивание осадкоприемников, при установке на больших высотах возможно выдувание осадков из осадкоприемника;

— при установке осадкоприемников на любых судах необходимо поднимать их выше 6 м над палубой и удалять от надстроек и мачт не менее чем на 3 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипова Н. А., Тимановская Р. Г. Некоторые вопросы методики измерения температуры воздуха с борта судна // Труды ГГО. — 1989. — Вып. 522. — С. 93—101.
2. Беспалов Д. П., Тимановская Р. Г. Результаты сравнения стандартной метеорологической аппаратуры в период экспедиции «АТЭП-73» // Метеорология и гидрология. — № 6. — 1975. — С. 101—106.
3. Дюбкин И. А., Колкова Л. М. Оценка степени искажения поля осадков корпусом судна // Труды ГГО. — 1989. — Вып. 522. — С. 102—108.



4. Казакова Н. Н., Никонов В. И., Орленко Л. Р., Удалов В. В. Опыт ветрового зондирования пограничного слоя атмосферы над океаном // Тр. ААНИИ. — 1974. — Т. 315. — С. 76—86.

5. Методические указания научно-исследовательским судам и судам погоды. Судовые измерения температуры воздуха и скорости ветра и расчет турбулентных потоков над морем. — Л.: Изд. ГГО, 1971. — С. 2—25.

6. Научный отчет об исследовании искажающего влияния судна на результаты измерений гидрометеорологических величин. — Одесса: Изд. ОДО ГОИНа, 1990 (рукопись).

7. Орленко Л. Р., Алтынов М. И., Доннер Ю. Н., Иванова И. И. и др. Некоторые результаты исследования точности метеорологических наблюдений на научно-исследовательских судах // Труды ААНИИ. — 1974. — Т. 315. — С. 87—99.

8. РД 52.04.316—92. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях. Ч. 2. Гидрометеорологические наблюдения на судовых станциях проводимые штатными наблюдателями. Кн. 1. Общие методические требования к организации и обеспечению гидрометеорологических, актинометрических и океанографических наблюдений на судах. Методика выполнения гидрометеорологических наблюдений на судах. — СПб.: Гидрометеоздат. — 1993. — С. 91—104.

9. РД 52.04.316—92. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях. Вып. 9. Ч. 2. Кн. 2. Методика выполнения гидрометеорологических наблюдений на судах. — СПб.: Гидрометеоздат, 1993. — С. 69—76.

10. РД 52.04.585—97. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях. Ч. 3. Гидрометеорологические наблюдения, производимые штурманским составом на морских судах. — СПб.: Гидрометеоздат. — 1999. — С. 53—58.

11. Светлова Т. П. О результатах сравнения судовых метеорологических данных с данными буя судна «Метеор» в экспедиции «ТРОПЭКС-74» // Метеорология и гидрология. — № 4. — 1978. — С. 93—97.

12. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. — Л.: Гидрометеоздат, 1971. — С. 67—68.