

Н. В. АВЕРБАХ, Ю. К. БАРАНОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
МАНЕВРЕННЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ  
МОРСКОГО СУДНА  
И ПОПРАВКИ ЛАГА

*ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ ПЕРЕРАБОТАННОЕ И  
ДОПОЛНЕННОЕ*

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»  
МОСКВА — 1970**

**Определение маневренных элементов морского судна и поправки лага.** Авербах Н. В., Баранов Ю. К. Изд-во «Транспорт», 1970 г., стр. 1—85.

В брошюре излагаются способы определения и проверки основных маневренных элементов морских судов и поправки лага на мерной линии с помощью радиолокатора и на переходе морем различными навигационными способами.

Брошюра предназначена для судоводителей морского флота; может быть использована учащимися морских учебных заведений. Рис. 33, табл. 8, библи. 13.

## ПОНЯТИЕ О МАНЕВРЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ СУДНА И МЕРНЫХ ЛИНИЯХ

В открытом море учет движения судна осуществляется путем графического счисления — прокладки. Несмотря на большое развитие радиотехнических средств судовождения и совершенствование методов мореходной астрономии, прокладка до сих пор является основой судовождения вдали от берегов, особенно при наличии плохой видимости. Не утратит своего значения прокладка и при появлении на судах счетно-решающих вычислительных машин. Только в этом случае она будет вестись не штурманом, а автоматически, прибором.

Для ведения прокладки с высокой точностью судоводитель должен знать маневренные элементы своего судна и поправку лага. Маневренные элементы судна имеют большое значение также при плавании в узкостях, при постановке на якорь, при буксировке, швартовке и при расхождении судов в море.

Недостаточно точное знание маневренных элементов судов и поправки лага может привести и действительно приводило на практике к тяжелым авариям. Поэтому судоводитель должен стремиться в кратчайший срок изучить маневренные элементы своего судна и определить поправку лага, пользуясь в дальнейшем любой возможностью для ее проверки.

**Основные маневренные элементы.** Основными маневренными элементами судна являются такие его качества, которые характеризуют способность судна развивать и сохранять тот или иной режим движения и изменять один режим движения на другой.

К маневренным элементам судна относятся:

ходкость — способность судна двигаться в заданном направлении с заданной скоростью;

поворотливость — способность судна изменять направление своего движения под действием руля;

инерция — способность судна сохранять прежнее состояние движения после изменения режима работы машины.

Различают следующие скорости хода: наибольшую, экономическую и наименьшую.

*Наибольшей скоростью* судна называется та наивысшая скорость, которую может развивать (и достаточно долго сохранять) данное судно в полном грузу.

*Экономической скоростью* хода называется такая скорость судна, при которой расход топлива на одну пройденную милю будет наименьшим, т. е. при которой судно с имеющимся запасом топлива может пройти наибольшее расстояние.

*Наименьшей скоростью* судна называется такая минимальная скорость хода, при которой данное судно продолжает еще слушаться руля.

Поворотливость судна характеризуется теми криволинейными траекториями (циркуляциями), которые описывает центр тяжести судна при различных положениях руля и различных скоростях хода.

Инерция судна определяется тем расстоянием, которое проходит судно с момента подачи команды об изменении режима работы его двигателей до момента приобретения скорости, соответствующей новому режиму, и временем, необходимым на приобретение новой скорости.

**Общие сведения о мерных линиях.** Определение скорости судна и поправки лага производится, как правило, на специально оборудованном полигоне, называемом мерной линией. Оборудование мерной линии состоит из ведущего створа и нескольких секущих створов, перпендикулярных линии пробега. Иногда ведущий створ отсутствует и заменяется рядом буев, выставляемых в направлении линии пробега судна на секущих створах. Расстояние между секущими створами точно известно и указывается на карте, в лоции и в специальном описании мерной линии. Условное изображение мерных линий на навигационных картах приведено на рис. 1 и рис. 2.

Ограждение мерных линий производится так же, как осей фарватеров и рекомендованных курсов (рис. 3).

Некоторое применение получили кабельные мерные линии. В качестве секущих створов на таких мерных линиях используются электрические кабели, проложенные на дне на точно известном расстоянии друг от друга. Судно проходит над кабелями, по которым пропускается электрический ток, курсом, перпендикулярным направлению кабелей. Специальная судовая аппаратура фиксирует моменты прохождения судна над кабелем.

К району оборудования мерной линии предъявляются следующие требования:

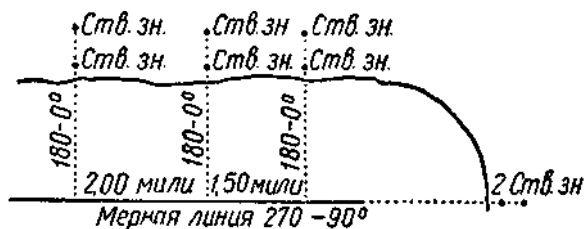


Рис. 2

1. Глубины в районе мерной линии должны быть достаточно большими, чтобы исключить возможность влияния мелководья на определяемую скорость хода.

2. Линия пробегов должна проходить на расстоянии 1,5—2 миль от малых глубин или берега, вблизи которого имеются подводные опасности.

Рис. 1

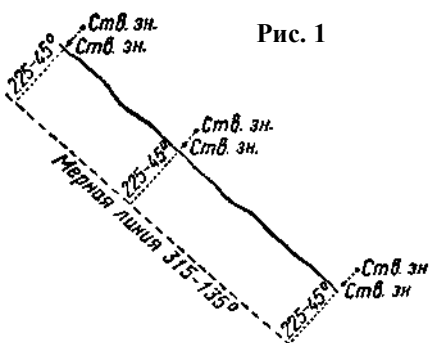


Рис. 3



3. На продолжении линии пробега в обе стороны от мерной линии должно быть достаточное пространство (по 2—3 мили) для поворотов судов и для развития требуемой скорости хода. Общая длина мерной линии должна быть порядка 6—10 миль.

4. Район мерной линии должен быть по возможности защищен от ветра и волнения, так как эти факторы могут понизить точность определения скорости хода судов.

5. Течение должно отсутствовать или же быть слабым и постоянным, совпадающим по возможности с линией пробегов.

6. Для определения скорости хода с достаточной точностью длина пробега должна быть порядка 1—2 миль для скорости до 18 узлов и порядка 2—3 миль для скорости более 18 узлов.

Увеличение длины пробега на мерной линии нецелесообразно, так как это приведет к увеличению продолжительности испытаний и вместо повышения точности результатов может вызвать их понижение ввиду неизбежной изменчивости течения.

При наличии промежуточных секущих створов рекомендуется замечать моменты их пересечения для контроля независимо от длины пробега.

Для определения маневренных элементов при помощи радиолокатора мерная линия оборудуется одним или несколькими пассивными отражателями, установленными на берегу в непосредственной близости от береговой черты или на воде (радиолокационные буи).

Подробные сведения о мерных линиях указываются в лоциях и в специальных описаниях мерных линий.

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СКОРОСТЬ СУДНА**

Определение скорости судна должно производиться при благоприятных внешних факторах (ветре не свыше 3 баллов, волнении не свыше 1—2 баллов, отсутствии течения, мелководья и т. д.). Следует также иметь в виду, что на скорость судна влияет обрастание и изменение состояния судна (изменение осадки, дифферента, крена и т. д.).

Рассмотрим основные факторы, влияющие на скорость судна.

**Изменение осадки судна.** Установлено, что изменение осадки, а тем самым и водоизмещения судна влияет на его скорость сравнительно незначительно. По данным инженера-механика Афанасьева, изменение водоизмещения на 5% вызывает в среднем изменение скорости на 1%. Увеличение водоизмещения на 10% вызывает уменьшение скорости хода на 2—3%. При сравнительно небольшом недогрузе судно может увеличить скорость хода на 1—2%. Если же судно имеет большой недогруз или следует в балласте, то при сильном волнении моря скорость его может быть даже меньше, чем в грузу, из-за уменьшения эффективности работы винтов.

Зависимость скорости хода от изменения водоизмещения проще всего установить практически путем проведения ходовых испытаний судна на мерной линии при различных состояниях его загрузки (в полном грузу, в балласте и при некоторой средней загрузке).

Если судно загружено иначе, чем при проведении скоростных испытаний, то скорость его можно рассчитать по формуле

$$V_0' = V_0 \left( \frac{W}{W'} \right)^{2/3}, \quad (1)$$

где  $V_0$  — скорость судна при водоизмещении  $W$  ( $V_0$  и  $W$  соответствуют скоростным испытаниям на данном режиме);

$V_0'$  — скорость судна при водоизмещении  $W'$ . Обрастание корпуса судна. Обрастание подводной части корпуса судна повышает его шероховатость, увеличивает трение судна о воду, что вызывает уменьшение скорости хода при одинаковом числе оборотов винтов. Обрастание увеличивает иногда в 4—5 раз сопротивление трения по сравнению с чистым корпусом. Водоросли мало влияют на величину трения. Основное значение имеют остроконечные раковины, которые, отмирая в пресной воде, от корпуса не отваливаются, и трение не уменьшается.

В работе «Морское обрастание и борьба с ним», опубликованной в США в 1957 г., указано, что сопротивление трения обросшего судна приблизительно в 2 раза больше, чем необросшего.

В Британском Адмиралтействе приняты следующие нормы увеличения сопротивления в сутки: при плавании в тропических морях — на 0,5%, а в морях умеренной зоны — на 0,25%.

По данным Балтийского морского пароходства, потери скорости хода транспортными судами от обрастания за год составляют 8—11%. Суды типа «Андижан» даже за несколько месяцев плавания в порты западной Африки теряли скорость хода на 15%.

Значительное обрастание может вызвать уменьшение скорости хода до 25—30 и даже до 50%. Наиболее существенные относительные потери скорости происходят при малых и средних скоростях судна. Уменьшение скорости хода судов приводит к значительным убыткам.

Для определения влияния обрастания на скорость судна необходимо периодически (сразу после докования и через некоторое время) определять скорость хода на мерной линии. Определение скорости хода должно быть сделано при одних и тех же оборотах винтов и примерно при одном и том же водоизмещении.

Потеря скорости хода от обрастания рассчитывается по формуле

$$V_{обр} = \frac{V_{обр_1} - V_{обр_2}}{t} \quad (2)$$

где  $V_{обр_1}$  — скорость хода судна сразу после докования (т. е. до обрастания);

$V_{обр_2}$  — скорость хода судна после обрастания;  $t$  — промежуток времени между определениями, выраженный в месяцах.

Установив потери скорости хода от обрастания для данного числа оборотов винтов, строят график зависимости потери скорости от времени, прошедшего после докования (рис. 4), который может быть использован для определения скорости судна при плавании без лага.

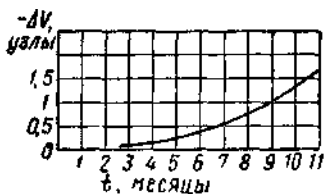


Рис. 4

Можно установить зависимость изменения скорости хода не только от времени обрастания, но и от толщины слоя ракушки на подводной части корпуса судна, если в дни испытаний провести замеры



этого слоя. Измерение толщины слоя ракушки следует производить в такой части корпуса, где он не может быть поврежден волной или плавающими предметами. Так как при замере слой может быть поврежден, то каждый следующий замер должен производиться в стороне от предыдущего, но так близко от него, чтобы условия обрастания были практически одинаковы.

Зависимость изменения скорости хода судна от толщины слоя ракушки может быть представлена табл. 1.

Таблица 1

Ход судна до обрастания, узлы	Толщина слоя ракушки в районе шпангоута, см		
	2,0	3,0	4,0
18	17,0	16,5	16,0
13,5	13,0	12,8	12,5
9	8,5	8,3	8,2

Способ учета влияния обрастания на скорость хода судна измерением толщины слоя ракушки является более точным, так как в конечном счете скорость хода зависит не от времени обрастания, а от интенсивности обрастания.

Интенсивность обрастания зависит от географических, гидрологических и биологических факторов, а также от типа судна и режима его использования.

**Крен судна.** При наличии крена давление воды в носовой части движущегося судна будет меньше со стороны повышенного борта. Поэтому судно, имеющее крен, будет уваливаться в сторону повышенного борта. Для удержания судна на курсе приходится держать руль переложенным в сторону пониженного борта. При этом тормозящее влияние руля вызывает уменьшение скорости хода. Потери скорости при значительном крене могут достигать 10—15%. Поэтому при определении скорости хода на мерной линии судно не должно иметь крена.

**Дифферент судна.** Скорость судна, показанная им на ходовых испытаниях при данном числе оборотов

гребных винтов, может измениться при появлении у него дифферента.

Незначительный дифферент на корму практически на скорость судна не влияет. У некоторых судов при отсутствии ветра дифферент вызывает даже увеличение скорости хода.

Однако при значительном дифференте на корму скорость судна уменьшается из-за уменьшения эффективности действия винтов (уменьшается горизонтальная составляющая упора винта). Кроме того, при таком дифференте нос судна стремится уваливаться под ветер.

Для удержания судна на курсе руль приходится держать переложенным преимущественно на один борт. При этом руль оказывает тормозящее влияние на движение судна, в результате чего его скорость уменьшается.

Дифферент на нос оказывает более значительное влияние на уменьшение скорости хода. Даже небольшой дифферент судна на нос вызывает значительное уменьшение его скорости из-за того, что увеличивается лобовое сопротивление движению судна и уменьшается эффективность действия винтов. Кроме того, тормозящее влияние оказывает руль, который в этом случае приходится держать переложенным преимущественно на один борт для удержания судна на курсе, с которого оно сбивается из-за того, что корма уваливается под ветер. Поэтому при скоростных испытаниях судно не должно иметь дифферента.

**Рыскание судна.** В результате рыскания судно проходит во время пробега больший путь, чем истинное расстояние, так как двигается не по прямой линии. Однако удлинение пути из-за рыскания практически не скажется на величине определяемой скорости, если рыскание не будет превышать  $\pm 2^\circ$ .

При скоростных испытаниях нужно стремиться к тому, чтобы рыскание было минимальным, так как при рыскании для удержания судна на заданном курсе руль переключается чаще обычного, а это снижает скорость и, следовательно, вносит ошибку в результаты испытаний.

Изменение числа работающих винтов. В отдельных случаях плавания судам, имеющим несколько винтов,

приходится работать только одной машиной. Опытным путем установлено, что если у двухвинтового судна работает только один винт, то скорость уменьшается примерно на 20%.

Трехвинтовое судно с одним работающим винтом будет иметь скорость примерно на 30% меньше, чем при работе всех винтов.

**Мелководье.** При плавании на мелководье скорость судна обычно падает (при одном и том же числе оборотов гребных винтов) и в некоторых случаях может уменьшаться на 10—15%. Это явление объясняется особенностями волнообразования, вызванного движением судна на малых глубинах.

На мелководье появляется добавочное сопротивление движению судна вследствие увеличения волнового сопротивления и скорости встречного потока, что и приводит к потере скорости хода судна.

По данным проф. Г. Е. Павленко, глубина моря, не влияющая на скорость хода судна, может быть определена по формуле

$$h = 3 \frac{V^2}{g} + 4T \quad (3)$$

где  $h$  — глубина, м;

$V$  — скорость хода, м/сек;

$S$  — ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>;

$T$  — осадка судна, м.

Минимальные глубины, не влияющие на скорость хода судна, приведены в табл. 2, составленной на основе экспериментальных материалов советских и иностранных опытовых бассейнов.

Таблица 2

Скорость хода судна, узлы	Осадка судна, м							
	3	4	5	6	7	8	9	10
10	10	20	30	40	50	60	70	80
13	20	30	40	50	65	75	90	105
20	35	45	55	70	80	95	115	125
25	50	65	75	90	100	115	135	150

## ИСКЛЮЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕЧЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СКОРОСТИ ХОДА СУДНА И ПОПРАВКИ ЛАГА НА МЕРНОЙ ЛИНИИ

Выше было указано, что в районе мерной линии течение должно отсутствовать. Однако это требование для большинства мерных линий не может быть выполнено, так как в этих районах часто существуют не известные судоводителю слабые течения, оказывающие в то же время влияние на точность определения скорости хода судна. Поэтому при проведении скоростных испытаний действие течения должно быть исключено. Исключение действия течения производится путем определения скорости судна не на одном, а на нескольких пробегах, число которых определяется характером течения.

Рассмотрим несколько возможных случаев.

Скорость течения постоянна. Для исключения влияния течения в этом случае достаточно определить скорость судна на двух пробегах: прямом и обратном. На прямом пробеге скорость судна при попутном течении<sup>1</sup> определяется как  $V_1 = V + v_T$ . На обратном пробеге скорость судна равна  $V_2 = V - v_T$ .

Тогда

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad (4)$$

где  $V$  — скорость хода судна, развиваемая двигателями.

Поправку лага можно рассчитать по формуле

$$\Delta L = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2}{2} \quad (5)$$

где  $\Delta L_1$  и  $\Delta L_2$  — поправки лага, определенные соответственно на прямом и обратном пробегах. Они могут быть найдены по формуле

$$\Delta L \% = \frac{S - \text{пол}}{\text{пол}} 100, \quad (6)$$

<sup>1</sup> Если направление течения не совпадает с линией пробега, то  $v_T$  есть составляющая вектора скорости течения по направлению пробега.

где  $S$  — истинное расстояние, пройденное судном;  $рол$  — разность отсчетов лага, замеченных в начале и конце пробега ( $ол_2 - ол_1$ ).

Поправка лага на пробеге может быть также вычислена по формуле

$$\Delta л\% = \frac{V - V'_{ли}}{V'_{ли}} 100, \quad (7)$$

где  $V$  — скорость судна, рассчитанная по формуле (4);

$V'_{ли}$  — скорость судна на пробеге, вычисленная по лагу без учета его поправки, т. е. разность отсчетов лага за один час плавания

$$V'_{ли} = \frac{3600 \text{ рол}}{t_{сек}} \quad \text{— где } t \text{ - время пробега, сек}.$$

Одновременно можно рассчитать и коэффициент лага:

$$k_{ли} = \frac{S}{рол} \quad (8)$$

Переход от поправки лага к коэффициенту лага и обратно осуществляется по формулам:

$$k_{ли} = 1 + \frac{\Delta л\%}{100} \quad (9)$$

$$\Delta л\% = (k_{ли} - 1) 100 \quad (10)$$

Пользование коэффициентом лага удобно для определения пройденного судном расстояния с помощью логарифмической линейки.

**Скорость течения изменяется равномерно.** Для исключения влияния течения необходимо определить скорость судна на трех пробегах. Наблюдаемые скорости соответственно:

на первом пробеге  $V_1 = V + v_{T1}$  ;

на втором пробеге  $V_2 = V - v_{T2}$  ;

на третьем пробеге  $V_3 = V + v_{T3}$  .

Принимая  $v_{T_2} = \frac{v_{T_1} + v_{T_3}}{2}$ , получим

$$V = \frac{V_1 + 2V_2 + V_3}{4} \quad (11)$$

Для исключения влияния течения на поправку лага ее нужно вычислять по формуле

$$\Delta L = \frac{\Delta L_1 + 2\Delta L_2 + \Delta L_3}{4} \quad (12)$$

Скорость течения изменяется неравномерно. Для исключения влияния течения в этом случае необходимо определить скорость хода судна на четырех пробегах.

Скорость хода при этом рассчитывается по формуле

$$V = \frac{V_1 + 3V_2 + 3V_3 + V_4}{8} \quad (13)$$

а поправка лага — по формуле

$$\Delta L = \frac{\Delta L_1 + 3\Delta L_2 + 3\Delta L_3 + \Delta L_4}{8} \quad (14)$$

Если направление течения на мерной линии близко совпадает с линией пробега, то рулевой может править по ведущему створу так же, как и при отсутствии течения.

При действии бокового течения следует править не по ведущему створу, а по компасу, удерживая судно на курсе, перпендикулярном секущим створам.

Поправка компаса должна быть известна и учитываться при расчете курса пробега. Постоянная ошибка в поправке компаса до 2—3° практически не скажется на точности определяемой скорости хода и поправки лага.

Однако полностью исключить даже равномерно изменяющееся течение путем увеличения числа пробегов невозможно. Это объясняется тем, что, образуя средние скорости хода судна из наблюдаемых при трех и более пробегах, принимают приращение скорости течения за постоянную величину. На самом деле она

будет постоянной только при одинаковых промежутках времени между средними моментами двух следующих один за другим пробегов. А так как эти промежутки будут неодинаковы, то в определенных средних скоростях хода судна будет ошибка за счет остаточного влияния скорости течения, которая с увеличением числа пробегов уменьшается.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ХОДА И ПОПРАВКИ ЛАГА НА МЕРНОЙ ЛИНИИ**

Перед выходом судна на мерную линию необходимо составить план работ, познакомить с ним всех наблюдателей, участвующих в испытаниях, заготовить необходимые схемы для записей и проверить секундомеры.

Для проведения скоростных испытаний нужно иметь на мостике не менее трех наблюдателей, снабженных биноклями, секундомерами и схемами для записи, наблюдателя в штурманской рубке и наблюдателя в машинном отделении. Секундомеры должны быть хорошего качества, с постоянным ходом и точностью не менее  $\pm 0,3$ ,  $\pm 0,5$  и  $\pm 0,7$  сек соответственно для четырех-, семи- и десятиминутного промежутков времени, определяемых по хронометру.

Руководителем работ должен быть назначен один из наиболее опытных штурманов.

В задачу наблюдателей входит следить за пересечением судном секущих створов и замечать моменты времени по секундомеру. Наблюдение за створами должно вестись в бинокль каждым наблюдателем, который не должен менять своего места, причем наблюдатели должны замечать пересечение створов самостоятельно.

Скоростные испытания необходимо проводить для трех скоростей хода: полного, среднего и малого, причем испытания целесообразно начинать с большей скорости.

На судах, оборудованных гребными винтами регулируемого шага (ВРШ), должны производиться испытания при нескольких положениях лопастей для каждой скорости.

Загрузка судна должна быть нормальной (в полном грузу или в балласте).

Развив необходимую скорость (что проверяется по лагу), судно ложится на линию пробега, и руководитель

работ подает команду: «Приготовиться к работе на первом пробеге». По этой команде все наблюдатели занимают свои места.

При подходе к створу подается предварительная команда «товсь». По этой команде наблюдатели на мостике начинают внимательно следить за створом, наблюдатель в рубке — за счетчиком лага, наблюдатель в машинном отделении — за суммарным счетчиком оборотов (или измеряет число оборотов винтов по тахометрам, снимая отсчеты через 1—2 мин).

В момент пересечения первого секущего створа руководитель работ подает команду «ноль» и пускает секундомер. По этой команде наблюдатель в рубке записывает отсчет лага<sup>1</sup> ( $ол_1$ ) и судовое время, наблюдатель в машине — показания суммарного счетчика оборотов (или тахометра). Остальные наблюдатели на мостике самостоятельно замечают пересечение створа в бинокль и в этот момент пускают секундомеры.

При подходе ко второму секущему створу подается команда «товсь» и в момент пересечения — «ноль».

По этой команде руководитель работ стопорит секундомер (остальные наблюдатели стопорят секундомеры самостоятельно). Снова записывается отсчет лага ( $ол_2$ ) и показания суммарного счетчика оборотов.

После пересечения второго секущего створа судно сразу же отворачивает в сторону моря на угол 10—15° и отходит этим курсом на 2—3 мили, затем совершает

поворот на обратный курс, описывая пологую циркуляцию (рис. 5).

Курс отхода от створа, время лежания на нем и диаметр циркуляции должны быть рассчитаны заранее, чтобы после поворота на обратный курс судно оказалось на линии

пробега, а до ближайшего секущего створа оставалось расстояние, достаточное для развития потерянной на повороте скорости.

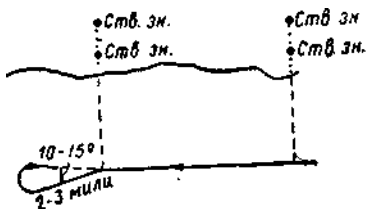


Рис. 5

<sup>1</sup> Для увеличения точности определения поправки лага необходимо, если это возможно, снимать отсчет лага с точностью до 0,01.



Расстояние по курсу отхода  $S_{ко}$  можно подсчитать по формуле:

$$S_{ко} = \frac{D_{ц}}{\sin \alpha} \quad (15)$$

где  $D_{ц}$  — тактический диаметр циркуляции;

$\alpha$  — угол отворота.

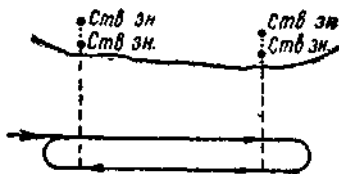
Однако такой способ выхода на линию ведущего створа занимает много времени. Наблюдения за изменением скорости хода судна показывают, что после поворота судно успевает набрать прежнюю скорость за 2—3 мин. Поэтому, чтобы сократить время выхода на обратный курс, на курс отхода следует ложиться через 2—3 мин после пересечения конечного секущего створа независимо от того, какое расстояние пройдет за это время судно.

Для ускорения самого поворота надо руль переключать на борт и давать на время поворота полный ход. За 20—30° до обратного курса ход сбавляется до нужного. За оставшиеся 2—3 мин (до подхода к первому секущему створу) судно приобретет необходимую скорость.

Требование пробега в обратном направлении точно по линии первого пробега вызывается предположением о различной скорости течения на линиях пробега. Однако мало вероятно, что на расстояниях в 3—6 кбт между линиями пробега, чему обычно равны диаметры циркуляции судов, скорости течения различны. Кроме того, при выполнении поворота на обратный курс с применением курса отхода практически трудно выйти точно на ось мерной линии. Поэтому этот способ поворота можно рекомендовать при скоростных испытаниях на мерной линии, не имеющей ведущего створа.

Рис. 6

В последнее время все чаще стал применяться способ поворота на обратный курс в одну сторону без выхода на ось мерной линии (рис. 6). Этот способ поворота является наиболее экономичным по времени. Однако его можно применять



только в случае, если мерная линия имеет достаточную ширину. При этом судно будет совершать движение параллельно оси мерной линии на расстоянии около диаметра циркуляции от нее.

После окончания поворота подается команда «Приготовиться к работе на втором пробеге», и все наблюдения проводятся в том же порядке, как и на первом пробеге.

Закончив работы на втором пробеге, проводят аналогичные наблюдения на третьем пробеге.

Затем по три пробега с соответствующими наблюдениями делают при остальных скоростях хода судна и приступают к обработке результатов наблюдения в следующем порядке:

1) рассчитывают наблюденные скорости хода на каждом пробеге по формуле

$$V_i = \frac{3600 S}{t_{сек}}, \quad (16)$$

где  $S$  — длина пробега между секущими створами, мили;

$t$  — время пробега между секущими створами, сек (среднее из записей трех наблюдателей).

Для ускорения расчетов выпускаются специальные таблицы для каждой мерной линии, из которых по времени выбирается сразу же скорость хода судна. Образец их приведен в табл. 3;

2) рассчитывают среднюю скорость судна для данного режима работы машин, свободную от влияния течения, по формуле (11);

3) рассчитывают число оборотов винтов в минуту на каждом пробеге

$$N_i = \frac{n_2 - n_1}{t_{сек}} \cdot 60 \quad (17)$$

где  $n_1, n_2$  — отсчеты суммарного счетчика оборотов винтов в момент пересечения первого и второго секущих створов.

Однако заметить отсчеты по суммарному счетчику оборотов в моменты пересечения створов вследствие большой скорости изменения отсчетов очень трудно. Поэтому на практике поступают так: после получения команды о пересечении начального створа наблюдатель у суммарного счетчика пускает секундомер в

Таблица 3

$$V = \frac{3600 \cdot 1.997}{t_{сек}}$$

Время	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6 <sup>M</sup> 00 <sup>C</sup>	19,97	19,91	19,86	19,80	19,75	19,70	19,64	19,59	19,54	19,48
10	19,43	19,38	19,33	19,27	19,22	19,17	19,12	19,07	19,02	18,97
20	18,92	18,87	18,82	18,77	18,72	18,67	18,62	18,58	18,53	18,48
30	18,43	18,39	18,34	18,29	18,25	18,20	18,15	18,11	18,06	18,02
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
12 <sup>M</sup> 00 <sup>C</sup>	9,98	9,97	9,96	9,94	9,93	9,92	9,90	9,89	9,88	9,86
10	9,85	9,82	9,82	9,81	9,79	9,78	9,77	9,75	9,74	9,73
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

момент, когда появляется отсчет, кратный 100. Когда отсчет суммарного счетчика изменится на 100 или 200, секундомер останавливают. Такие наблюдения производятся до получения команды о пересечении конечного створа.

Расчет числа оборотов винтов в минуту на каждом пробеге производится по формулам:

$$N_i = \frac{100 \cdot 60}{t'_{сек}} = \frac{6000}{t'_{сек}} \quad (18)$$

или

$$N_i = \frac{200 \cdot 60}{t''_{сек}} = \frac{12000}{t''_{сек}} \quad (19)$$

где  $t'_{сек}$  — средний промежуток времени между моментами появления отсчетов, кратных 100;  $t''_{сек}$  — средний промежуток времени между моментами появления отсчетов, кратных 200. Наибольшую точность измерения числа оборотов можно получить, применяя механические или фотоэлектрические тахометры, представляющие собой комбинацию суммарного счетчика оборотов и секундомера, включаемых и выключаемых одновременно.

Если число оборотов винтов определяется по тахометру, то берут среднее из отсчетов тахометра за время плавания на пробеге.

4. Рассчитывают среднее число оборотов винтов в минуту:

$$N = \frac{N_1 + 2N_2 + N_3}{4} \quad (20)$$

5. По величинам  $V$  и  $N$  вычерчивают график соответствия скорости хода и оборотов винтов (рис. 7). С помощью этого графика составляется таблица соответствия скорости хода и оборотов винтов.

6. Рассчитывают величину поправки лага на каждом пробеге по формуле (6) или (7).

7. Рассчитывают среднюю величину поправки лага для каждой скорости по формуле (12).

8. По величинам  $\Delta l$  и  $V$  строят график зависимости поправки лага от скорости хода (рис. 8).

9. По наблюдениям механической части определяют мощность машин, расход топлива на 1 милю пути,

расход топлива за 1 ч хода, дальность и продолжительность плавания в зависимости от скорости хода.

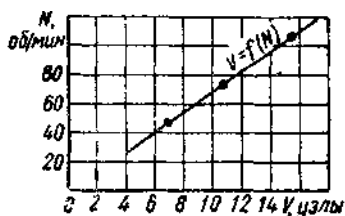


Рис. 7

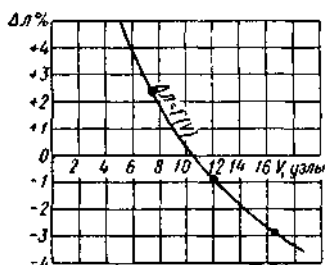


Рис. 8

Для контроля качества проведенных скоростных испытаний целесообразно вычертить график изменения скорости течения<sup>1</sup> во времени. В случае хорошего качества наблюдений и равномерного изменения скорости течения график должен получиться в виде плавной кривой. Если кривая изменения скорости течения во времени не будет плавной, это будет свидетельствовать либо о промахах в наблюдениях или в расчетах, либо о том, что течение во время испытаний изменялось неравномерно.

Расчет скоростей течения и построение графика производятся в следующем порядке:

1) рассчитывают «аванс»  $a$ , представляющий изменение скорости хода при изменении числа оборотов винтов на единицу

$$a = \frac{V}{N} \quad (21)$$

2) рассчитывают отклонение числа оборотов винтов на каждом пробеге от среднего числа оборотов  $\Delta N_i$ , соответствующего данной скорости хода:

$$\left. \begin{aligned} \Delta N_1 &= N_1 - N \\ \Delta N_2 &= N_2 - N \\ \Delta N_3 &= N_3 - N \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

<sup>1</sup> Точнее, проекции вектора скорости течения на линию пробега.

3) рассчитывают отклонение скорости хода относительно воды на каждом пробеге от средней скорости хода  $\Delta V_i'$ :

$$\left. \begin{aligned} \Delta V_1' &= \Delta N_1 a \\ \Delta V_2' &= \Delta N_2 a \\ \Delta V_3' &= \Delta N_3 a \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

4) находят скорость относительно воды на каждом пробеге  $V_i'$ :

$$\left. \begin{aligned} V_1' &= V + \Delta V_1' = V + \Delta N_1 a \\ V_2' &= V + \Delta V_2' = V + \Delta N_2 a \\ V_3' &= V + \Delta V_3' = V + \Delta N_3 a \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

5) находят скорость течения на каждом пробеге  $v_T$  исходя из того, что наблюдаемая скорость хода судна на каждом пробеге представляет собой сумму скорости судна относительно воды и скорости течения. Поэтому:

$$\left. \begin{aligned} v_{T_1} &= V_1 - V_1' \\ v_{T_2} &= V_2 - V_2' \\ v_{T_3} &= V_3 - V_3' \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

6) строят график изменения скорости течения по времени.

Так как рассчитанные скорости течения являются средними за время соответствующих пробегов, при составлении графиков скорости относят к средним моментам пробегов. Знаки средних скоростей течения при противоположных пробегах обычно различны. Это означает, что на одном пробеге течение было попутным, а на другом — встречным.

Если знак течения повторился на противоположном пробеге, то это свидетельствует об изменении направления проекции вектора скорости течения на линию пробега на обратное.

Все расчеты производятся по следующим схемам записей:

Схема записей определения скорости хода и поправок лага на мерной линии

На \_\_\_\_\_ мерной линии, т/х \_\_\_\_\_  
(название)

" " \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_\_ г.

Условия проведения испытаний

1. Углубление штевней во время испытаний \_\_\_\_\_
2. Водоизмещение судна во время испытаний \_\_\_\_\_
3. Судно было в доке \_\_\_\_\_  
(дата)
4. Ветер \_\_\_\_\_
5. Состояние моря \_\_\_\_\_
6. Средняя глубина моря в районе пробега \_\_\_\_\_

Таблица А

Расчет среднего числа оборотов винтов  
(по суммарному счетчику)

№ пробега	Средний промежуток времени между моментами появления отсчетов, кратных 100, $t'$ , сек	Число оборотов винтов в минуту на пробеге $N_i$ , об/мин	Среднее число оборотов винтов в минуту для данной скорости $N$ , об/мин.
1	54	111	110
2	54	111	
3	56	107	
4	77	78	
5	72	83	80
6	79	76	
7	113	53	50
8	125	48	
9	117,5	51	

Таблица Б

Наблюдения механической части

№ пробега	Мощность машин л.с.	Расход топлива на 1 л.с-ч, кг	Часовой расход топлива, кг	Расход топлива на 1 милю, кг	Дальность плавания, мили	Продолжительность плавания, ч
1—3						
4—6						
7—9						

Таблица В

Расчеты скоростей и поправок лага

№ пробега	№ створа		Отсчеты секундомера	Средняя продолжительность пробега $t$ , сек	Истинное расстояние $S$ , мили	Наблюдаемые скорости $V$ , узлы	Средняя скорость $V$ , узлы	Среднее число оборотов винтов в минуту $N$ , об/мин	Отсчеты лага начальный/конечный	Разность отсчетов лага, $rol$	$S - rol$	Поправка лага на каждом пробеге $\Delta L_i$ , %	Средняя поправка лага $\Delta L$ , %
	начальный	конечный											
$\frac{1}{00^c}$	1	2	$3^{m}25^c$ 3 24 3 23	204	0,980	17,25	16,25	110	$\frac{78,70}{79,73}$	1,03	-0,05	-4,86	-2,96
$\frac{2}{21^{M}30^c}$	2	1	3 47 3 46 3 45	226		15,60			$\frac{84,63}{85,63}$	1,00	-0,62	-2,00	
$\frac{3}{42^{M}49^c}$	1	2	3 34 3 33 3 32	213		16,55			$\frac{90,38}{91,39}$	1,01	-0,03	-2,97	
$\frac{4}{1^{M}08^{M}35^c}$	2	1	5 22 5 21 5 20	321	11,00	$\frac{95,84}{96,81}$	0,97	+ 0,01	+ 1,03				



$\frac{5}{1^4 36^M 29^C}$	1	2	$\begin{matrix} 4^M 30^C \\ 4\ 29 \\ 4\ 28 \end{matrix}$	269	0,980	13,10	12,00	80	$\frac{01,32}{02,33}$	1,01	-0,03	-2,97	-0,97
$\frac{6}{2^4 03^M 03^C}$	2	1	$\begin{matrix} 5\ 28 \\ 5\ 27 \\ 5\ 26 \end{matrix}$	327		10,80			$\frac{06,76}{07,73}$	0,97	+0,01	+1,03	
$\frac{7}{2^4 43^M 44^C}$	1	2	$\begin{matrix} 7\ 01 \\ 7\ 00 \\ 6\ 59 \end{matrix}$	420	0,980	8,40	7,50	50	$\frac{12,05}{13,02}$	0,97	+0,01	+1,03	+2,36
$\frac{8}{3^4 22^M 50^C}$	2	1	$\begin{matrix} 8\ 40 \\ 8\ 39 \\ 8\ 38 \end{matrix}$	519		6,80			$\frac{17,04}{17,99}$	0,95	+0,03	+3,16	
$\frac{9}{4^4 03^M 02^C}$	1	2	$\begin{matrix} 7\ 22 \\ 7\ 21 \\ 7\ 20 \end{matrix}$	441		8,00			$\frac{21,96}{22,92}$	0,96	+0,02	+2,08	

Примечание. Табл. В составлена для расчета  $\Delta l$  по формуле (6). Если расчет  $\Delta l$  ведется по формуле (7), то вместо графы  $S$  — *рол* должна быть графа "Скорость хода, вычисленная по лагу без учета его поправки,  $V_{л_i} = \frac{3600 \text{ рол}}{t_{сек}}$ ."

Таблица Г

**Расчет скоростей течения**

№ пробега	Наблюденные скорости $V_i$ , узлы	Средняя скорость $V$ , узлы	Число оборотов винтов в минуту на пробеге $N_i$ , об/мин	Среднее число оборотов винтов в минуту $N$ , об/мин	Аванс $a$	Отклонение числа оборотов винтов на каждом пробеге от среднего $\Delta N_i$ , об/мин	Отклонение скорости относительно воды на каждом пробеге от средней скорости $\Delta V_i'$ , узлы	Скорость относительно воды на каждом пробеге $V_i'$ , узлы	Скорость течения $v_T$ , узлы
1	17,25	16,25	112	110	0,148	+ 1	+0,15	16,40	+0,85
2	15,60		111			+ 1	+0,15	16,40	-0,80
3	16,55		107			-3	-0,44	15,81	+0,74
4	11,00	12,00	78	80	0,150	-2	-0,30	11,70	-0,70
5	13,10		83			+3	+0,45	12,45	+0,65
6	10,80		76			-4	-0,60	11,40	-0,60
7	8,40	7,50	53	50	0,150	+3	+0,45	7,95	+0,45
8	6,80		48			-2	-0,30	7,20	-0,40
9	8,00		51			+1	+0,15	7,65	+0,35

На основании полученных данных вычерчивается график соответствия скорости хода и оборотов винтов (см. рис. 7), а также график изменения поправки лага от скорости хода (см. рис. 8). С помощью этих графиков составляются таблицы соответствия скорости хода оборотам винтов (табл. 4) и изменения поправки лага и коэффициента лага от скорости хода (табл. 5).

Таблица 4

Скорость хода, узлы	Обороты винтов, об/мин
17	115
16	108
15	102
14	95
13	87
12	80
11	73
10	65
9	59
8	52
7	45
6	37
5	31
4	24

Таблица 5

Скорость хода, узлы	$\Delta l, \%$	$\kappa_l$
17	-3,1	0,969
16	-2,7	0,973
15	-2,3	0,977
14	-1,9	0,981
13	-1,5	0,985
12	-1,0	0,990
11	-0,4	0,996
10	+0,2	1,002
9	+0,9	1,009
8	+1,7	1,017
7	+2,8	1,028
6	+3,9	1,039
5	+5,2	1,052
4	+7,0	1,070

Наблюдения механической части сводятся в табл. Б схемы записей.

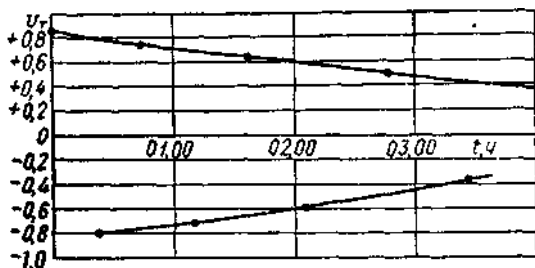


Рис. 9

Для контроля качества наблюдений составляется график изменения скорости течения в зависимости от времени (рис. 9). Так как кривая на графике не имеет

изломов, то наблюдения были произведены хорошо и скорость течения за время пробегов изменялась равномерно.

Средняя квадратическая ошибка определения скорости хода на мерной линии при трех пробегах может быть подсчитана по формуле

$$m_v = \pm 0,612 \frac{V}{t} m_t \quad (26)$$

при двух пробегах — по формуле

$$m_v = \pm 0,71 \frac{V}{t} m_t \quad (27)$$

где  $V$  — скорость судна, узлы;  
 $t$  — время пробега между секущими створами, сек;  
 $m_t$  — средняя квадратическая ошибка измерения времени пробега, сек.

Средняя квадратическая ошибка определения поправки лага на мерной линии при трех пробегах может быть подсчитана по формуле

$$m_{\Delta A\%} = \frac{0,87 \cdot m_{oA}}{S} 100; \quad (28)$$

при двух пробегах — по формуле

$$m_{\Delta A\%} = \frac{m_{oA}}{S} 100. \quad (29)$$

где  $m_{oA}$  — средняя квадратическая ошибка в отсчете лага;

$S$  — расстояние между секущими створами.

Исследования и практика показывают, что даже при самых благоприятных условиях в определении поправки лага возможна ошибка порядка  $\pm 0,5\%$ .

**Выбор необходимой длины пробега.** Необходимая длина пробега при определении поправки лага и скорости хода судна зависит главным образом от требующейся точности знания этих величин. Слишком короткая длина пробега приводит к понижению точности

определения этих величин. При слишком большой длине пробега точность определения  $\Delta l$  и  $V$  увеличивается, но зато возрастает время испытаний. Поэтому длина пробега должна быть оптимальной. Расчет необходимой длины пробега может быть произведен по формулам, приведенным ниже.

1. Вывод формулы, устанавливающей зависимость между длиной пробега и необходимой точностью знания поправки лага.

Напишем формулу средней квадратической ошибки функции в общем виде:

$$m = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 m_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 m_{x_2}^2 + \dots}$$

Средняя квадратическая ошибка определения поправки лага, рассчитанной по формуле (6), примет вид

$$m_{\Delta l} = \pm 100 \sqrt{\left(\frac{1}{\rho_{0L}}\right)^2 m_S^2 + \left(\frac{S}{\rho_{0L}^2}\right)^2 m_{\rho_{0L}}^2}$$

Длина пробега  $S$  между секущими створами определяется с высокой точностью, поэтому средней квадратической ошибкой  $m_S$  можно пренебречь ( $m_S \approx 0$ ). Тогда

$$m_{\Delta l} = \pm 100 \sqrt{\left(\frac{S}{\rho_{0L}^2}\right)^2 m_{\rho_{0L}}^2}$$

Так как поправка лага обычно невелика, то можно с достаточной точностью в этом выражении принять

$$\rho_{0L} \approx S.$$

Тогда

$$m_{\Delta l} = \pm 100 \sqrt{\left(\frac{1}{S}\right)^2 m_{\rho_{0L}}^2} = \pm 100 \frac{m_{\rho_{0L}}}{S},$$

откуда

$$S = \pm 100 \frac{m_{\rho_{0L}}}{m_{\Delta l}}$$

Переходя от средних квадратических ошибок к предельным ошибкам, получим

$$S = \pm 100 \frac{E_{рол}}{E_{\Delta, \lambda}} \quad (30)$$

где  $E_{\Delta, \lambda}$  — предельная ошибка в определении поправки лага;

$E_{рол}$  — предельная ошибка определения  $рол$ .

Так как  $рол = ол_2 - ол_1$ , то

$$E_{рол} = \sqrt{E_{ол_2}^2 + E_{ол_1}^2}$$

Принимая ошибки определения  $ол_1$  и  $ол_2$  одинаковыми, т. е.  $E_{ол_1} = E_{ол_2}$ , получим

$$E_{рол} = \sqrt{2} \cdot E_{ол}$$

У современных лагов отсчет может определяться с точностью до 0,1 деления, что при малой  $\Delta л$  будет соответствовать 0,1 кбт, т. е. с предельной ошибкой  $E_{ол} = \pm 0,05 \text{ кбт} = \pm 9,3 \text{ м}$ .

Подставляя  $E_{рол} = \sqrt{2} \cdot E_{ол} = \pm 13,1 \text{ м}$  в выражение (30), получаем очень простую формулу для определения длины пробега

$$S = \frac{1310}{E_{\Delta, \lambda}} \quad (31)$$

Задавшись предельной ошибкой определения поправки лага  $E_{\Delta, \lambda} = \pm 0,5\%$ , получим  $S = 2620 \text{ м} = 1,41$  мили.

При  $E_{\Delta, \lambda} = \pm 1\%$  получаем  $S = 1310 \text{ м} = 0,7$  мили.

2. Вывод формулы, устанавливающей зависимость между длиной пробега, скоростью хода и необходимой точностью ее определения.

Средняя квадратическая ошибка определения скорости, рассчитанной по формуле  $V=S/t$ , имеет следующий вид:

$$m_V = \pm \sqrt{\left(\frac{1}{t}\right)^2 m_S^2 + \left(\frac{S}{t^2}\right)^2 m_t^2}$$

Заменив в этом выражении  $t = S/V$ , получим

$$m_V = \pm \frac{V}{S} \sqrt{m_S^2 + V^2 m_t^2}$$

Длина пробега на мерной линии, как уже указывалось, определяется с высокой точностью, а поэтому средняя квадратическая ошибка длины пробега мала и ею можно пренебречь, т. е.  $m_S \approx 0$ . Тогда

$$m_V = \pm \frac{V}{S} \sqrt{m_t^2 V^2} = \pm \frac{V^2}{S} m_t$$

откуда

$$S = V^2 \frac{m_t}{m_V}$$

Переходя от средних квадратических ошибок к предельным ошибкам, получим

$$S = \frac{V^2 E_t}{E_V} = \frac{V E_t}{\frac{E_V}{V}} \quad (32)$$

задавшись предельной ошибкой в определении продолжительности пробега, равной 1,5 сек, и желая получить относительную ошибку в определении скорости не более 0,5%, т. е.  $E_V / V = 0,005$ , получим выражение для минимальной длины пробега

$$S = \frac{V}{12} \quad (33)$$

Для практических целей достаточно знать скорость судна с точностью до  $\pm 0,1$  узла. В этом случае минимальная длина пробега определится из выражения

$$S = \frac{V^2}{240} \quad (34)$$

Выражение (34) позволяет установить следующие пределы длины пробега, обеспечивающие необходимую точность определения скоростей хода:

при  $V = 11$  узлам  $S = 0,5$  мили

»  $V = 15$  »  $S = 1,0$  »

»  $V = 18$  »  $S = 1,5$  »

»  $V = 25$  »  $S = 2,6$  »

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ХОДА И ПОПРАВКИ ЛАГА С ПОМОЩЬЮ РАДИОЛОКАТОРА

Скорость судна и поправка лага не являются величинами постоянными, они со временем изменяются под воздействием различных факторов. Поэтому скорость хода и поправку лага необходимо определять регулярно, несколько раз в год. Однако такую проверку не всегда можно сделать на мерной линии ввиду ее занятости, плохой видимости и т. д.

Скорость хода и поправку лага с достаточной точностью можно определить с помощью судового радиолокатора, имеющего подвижный круг дальности (ПКД).

Истинное расстояние, пройденное судном, получается при этом как разность расстояний, измеренных судовым радиолокатором до ориентира в начале и в конце пробега. А курсовой угол на ориентир должен быть равен  $0$  или  $180^\circ$ .

К району, в котором проводятся эти испытания, предъявляются такие же требования, что и к мерной линии.

Перед выходом на скоростные испытания необходимо тщательно продумать организацию работ, подготовить наблюдателей, составить схемы записей, проверить секундомеры и т. д. Для более точного измерения времени необходимо иметь трех наблюдателей с секундомерами.

Радиолокатор должен быть заблаговременно включен с тем, чтобы к моменту начала работы он прогрелся и был готов к действию. На индикаторе кругового обзора (ИКО), ориентированном относительно диаметральной плоскости, устанавливается один из наибольших



масштабов дальности с таким расчетом, чтобы его не приходилось переключать на одном пробеге.

Для проведения скоростных испытаний с помощью радиолокатора необходимо иметь в районе испытаний ориентир, дающий на экране РЛС точечный эхо-сигнал: катер, стоящий на якоре, буй с пассивным отражателем или радиолокационную вежу.

Чтобы исключить влияние течения или ветра, необходимо сделать не менее трех пробегов, при этом направление пробегов должно совпадать с направлением превалирующего фактора — течения или ветра (рис. 10).

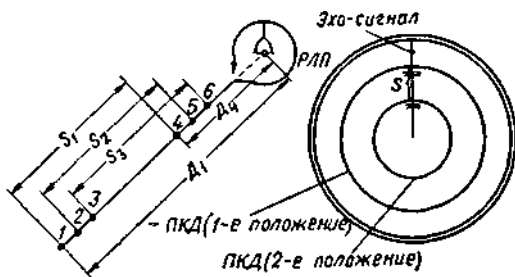


Рис. 10

Скоростные испытания проводятся следующим образом.

Приводят буй на  $KУ = 0^\circ$  и развивают требуемую скорость хода. Когда наблюдатель у радиолокатора обнаружит буй на ИКО, подается команда «Приготовиться к работе на первом пробеге». По этой команде на экране ИКО устанавливается ПКД на заранее намеченное до буя расстояние. За одну минуту до подхода на это расстояние подается команда «товсь».

В момент прихода судна на установленное до буя расстояние (эхо-сигнал буя коснется подвижного круга дальности) наблюдатель у радиолокатора подает команду «ноль».

По этой команде включают первый секундомер, замечают  $ол_1$  и начинают наблюдать число оборотов винтов по тахометру. Затем дважды последовательно уменьшают расстояние на ИКО на 1—2 *кбт* и в момент касания эхо-сигналов буя с ПКД подают команды «ноль», по которым замечают  $ол_2$  и  $ол_3$ .

В моменты подачи второй и третьей команд включают соответственно второй и третий секундомеры.

После этого устанавливают ПКД на расстояние, меньшее первоначального на 1—3 мили в зависимости от скорости. За минуту до подхода судна на новое расстояние до буйа подается команда «товсь», а в момент касания эхо-сигнала буйа с ПКД — команда «ноль», по которой стопорят первый секундомер, замечают  $ол_4$  и прекращают наблюдать число оборотов винтов по тахометру. Затем дважды последовательно уменьшают расстояние на ИКО на 1—2 *кбт* и в момент касания эхо-сигнала буйа с ПКД замечают  $ол_5$  и  $ол_6$ . В эти моменты соответственно стопорят второй и третий секундомеры.

Если наблюдения за числом оборотов производятся по суммарному счетчику оборотов, то после подачи первой команды «ноль» наблюдатель у суммарного счетчика пускает свой секундомер в момент, когда появится отсчет, кратный 100. Когда отсчет суммарного счетчика изменится на 100 или 200, этот секундомер останавливают. Такие наблюдения производятся до момента подачи команды о приходе судна в точку 4 (см. рис. 10).

Закончив наблюдение на первом пробеге, судно делает поворот на обратный курс и, приведя буй на  $KУ = 180^\circ$ , совершает аналогичные наблюдения на втором пробеге. Точно так же проводятся наблюдения и на третьем пробеге. Записи наблюдений и их обработка выполняются по схеме записей, которая приведена ниже. При обработке наблюдений в первую очередь нужно получить средние величины пройденных расстояний  $S$ , разностей отсчетов лагов  $рол$  и показаний суммарного счетчика. Для этого применяют формулы:

$$D_1 - D_4 = S_1, \quad ол_4 - ол_1 = рол_1;$$

$$D_2 - D_5 = S_2, \quad ол_5 - ол_2 = рол_2;$$

$$D_3 - D_6 = S_3, \quad ол_6 - ол_3 = рол_3;$$

$$S = \frac{(S_1 + S_2 + S_3)}{3}, \quad рол = \frac{рол_1 + рол_2 + рол_3}{3}$$

$$N_i = \frac{6000}{t'_{сек}} \quad \text{или} \quad N_i = \frac{12000}{t''_{сек}}$$

Производя трехкратное измерение  $S$ ,  $rol$  и  $t$ , можно существенно уменьшить влияние случайных ошибок наблюдений.

По полученным данным составляются графики и таблицы соответствия скорости хода и оборотов винтов, графики и таблицы изменения поправки лага от скорости хода.

При отсутствии специального буй с пассивным отражателем в качестве объекта наблюдений используют легкую плавающую вежу с радиолокационным отражателем, которую можно изготовить на каждом судне. Вежа состоит из пенопластового поплавка, штока с пассивным отражателем, подводного паруса и противовеса. Конструкция вежи показана на рис. 11.

При использовании вежи будет полностью исключаться действие течения даже на одном пробеге, так как свободно плавающая радиолокационная вежа будет перемещаться под воздействием течения в такой же степени, как и судно.

Данный способ удобно применять в открытом море при благоприятных гидрометеорологических условиях (волнение не более двух баллов).

При проведении скоростных испытаний по свободно плавающей радиолокационной веже может быть рекомендован следующий порядок действий:

- 1) стопорят ход судна, гасят инерцию и спускают на воду радиолокационную вежу;
- 2) дают ход, приводят вежу на  $KY = 180^\circ$  (рулевому в этот момент дают  $KK_{ГК}$  и развивают необходимую скорость хода — полный ход);
- 3) выполняют наблюдение для данной скорости хода на этом пробеге аналогично тому, как рекомендовалось

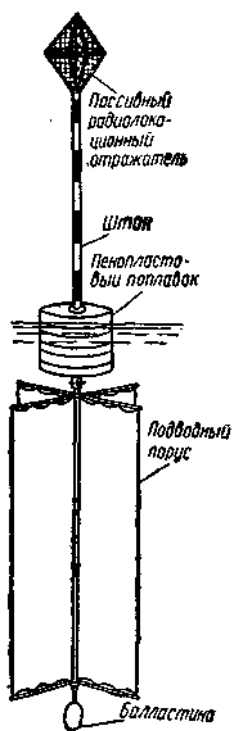


Рис. 11

**Схема записей определения скоростей хода и поправок лага с помощью радиолокатора.**

Буй с \_\_\_\_\_ Т/х \_\_\_\_\_ “ ” \_\_\_\_\_ 200 г.  
(название)

Условия определения: 1. Углубление штевней во время определений \_\_\_\_\_ 2. Водоизмещение судна во время определений \_\_\_\_\_  
3. Судно было в доке \_\_\_\_\_ 4. Ветер \_\_\_\_\_

(дата)  
5. Состояние моря \_\_\_\_\_ 6. Средняя глубина моря в районе пробега \_\_\_\_\_

Таблица Д

№ пробега	№ точки		Отсчеты секундомера	Средняя продолжительность пробега $t$ , сек	Расстояние до буя, $км$		Пройденное расстояние $S$ , мили	Наблюдённые скорости $V_i$ , узлы	Средняя скорость $V$ , узлы	Среднее число оборотов винтов $N$ , об/мин	Отсчеты лага начальный конечный	Средняя разность отсчетов лага, $рол$	$S-рол$	Поправка лага на каждом пробеге $\Delta L_i$ , %	Средняя поправка лага $\Delta L$ , %
	Начало пробега	Конец пробега			начальное	конечное									
1	1	4	8 <sup>M</sup> 42 <sup>C</sup>	521	45	20	2,5	17,27			78,70-81,34 78,90-81,52 79,09-81,69	2,62	-0,12	-4,58	
	2	5	8 41		43	18									
	3	6	8 40		41	16									
2	1	4	9 39	577	15	40	2,5	15,60	16,25	110	86,20-88,77 86,40-88,95 86,60-89,13	2,55	-0,05	-1,96	-2,90
	2	5	9 37		17	42									
	3	6	9 35		19	44									
3	1	4	9 06	544	44	19	2,5	16,53			93,93-96,53 94,15-96,73 94,35-96,91	2,58	-0,08	-3,10	
	2	5	9 04		42	17									
	3	6	9 02		40	15									

Определение Маневренных Элементов Морского Судна и Поправки Лага

4	1	4	8 45	523	16	32	1,6	11,01			01,42–03,01 01,61–03,18 01,80–03,35	1,57	+0,03	+ 1,91	
	2	5	8 43		18	34									
	3	6	8 41		20	36									
5	1	4	7 21	439	40	24	1,6	13,10	12,00	80	07,98–09,64 08,17–09,81 08,37–09,99	1,64	-0,04	-2,44	-0,27
	2	5	7 19		38	22									
	3	6	7 17		36	20									
6	1	4	8 56	534	14	30	1,6	10,80			14,70–16,29 14,90–16,47 15,10–16,65	1,57	40,03	+ 1,91	
	2	5	8 54		16	32									
	3	6	8 52		18	34									
7	1	4	9 22	560	36	23	1,3	8,36			21,05–22,36 21,25–22,54 21,45–22,72	1,29	+0,01	+0,77	
	2	5	9 20		34	21									
	3	6	9 18		32	19									
8	1	4	11 32	690	15	28	1,3	6,78	7,48	50	27,20–28,48 27,39–28,65 27,59–28,83	1,26	+0,04	+3,18	+2,17
	2	5	11 30		17	30									
	3	6	11 28		19	32									
9	1	4	9 46	585	37	24	1,3	8,00			32,95–34,25 33,15–34,43 33,35–34,61	1,28	+0,02	+1,56	
	2	5	9 45		35	22									
	3	6	9 44		33	20									

Примечание: Табл. А, Б, Г аналогичны таблицам схемы записей определения скоростей хода и поправок лага на мерной линии.

проводить наблюдения по бую, стоящему на якоре;

4) закончив наблюдения для полного хода, снижают скорость до среднего и делают поворот на обратный галс;

5) приводят вежу на  $KУ = 0^\circ$  (рулевому в этот момент дают  $KK_{ГК}$ ) и развивают необходимую скорость хода (средний ход);

6) выполняют наблюдение на этом галсе для средней скорости хода и т. д.;

7) по окончании наблюдений подходят к веже и поднимают ее на борт;

8) обрабатывают наблюдения по схеме записей определения скоростей хода и поправок лага с помощью радиолокатора (см. стр. 36—37).

Таблица 6

Способ определения	Полный ход				Средний ход			
	$V_0$ , узлы	$E_{V_0}$ , узлы	$\Delta l_0$ , %	$E_{\Delta l_0}$ , %	$V_0$ , узлы	$E_{V_0}$ , узлы	$\Delta l_0$ , %	$E_{\Delta l_0}$ , %
По радиолокационной веже	13,1	$\pm 0,1$	-5,3	$\pm 1,1$	10,4	$\pm 0,1$	-5,7	+ 0,8
По бую с РЛП	13,0	$\pm 0,1$	-5,8	$\pm 1,0$	10,4	$\pm 0,1$	-6,2	$\pm 0,5$

В табл. 6 приведены результаты определения скорости хода и поправки лага на учебно-производственном судне «Зенит» в июне 1963 г. по стационарному бую с РЛП и по свободно плавающей радиолокационной веже.

Из таблицы видно, что результаты скоростных испытаний обоими способами получились практически одинаковыми. Разница в 0,1 узла в скорости хода и в 0,5% в поправке лага лежит в пределах точности наблюдений. Поэтому можно сделать вывод, что определение  $V$  и  $\Delta l$  по свободно плавающей радиолокационной веже является вполне надежным. Этот способ более доступен судам ММФ. Он автономен и может применяться в любом месте при благоприятной погоде.

Профессор М. М. Лесков предложил способ определения скорости хода судна и поправки лага по

движущемуся судну. Сущность способа заключается в следующем. С помощью РЛС определяют относительные перемещения судов на одном курсе  $\bar{S}_{O_1}$ , а затем, изменив курс судна наблюдателя на угол  $\psi$ , снова определяют относительное перемещение на втором курсе  $\bar{S}_{O_2}$ . Относительные перемещения  $\bar{S}_{O_1}$  и  $\bar{S}_{O_2}$  должны быть определены за равные промежутки времени.

Зная свои истинные курсы  $ИК_1$  и  $ИК_2$ , можно найти скорость судна  $V$  и поправку лага  $\Delta л$ . Для этого из произвольной точки  $O$  в крупном масштабе прокладывают

оба вектора  $\bar{S}_{O_1}$  и  $\bar{S}_{O_2}$

(рис. 12). Из концов этих векторов прокладывают истинные курсы судна  $ИК_1$  и  $ИК_2$ ,

которые пересекутся в точке  $M$ . В результате получают два путевых треугольника, в которых одна сторона  $OM$

общая. Эта сторона является вектором

перемещения встречного судна  $\bar{S}_B$ . Стороны  $fM$  и  $hM$  есть векторы перемещения нашего судна за время наблюдений на первом и втором курсах  $\bar{S}_{H_1}$  и  $\bar{S}_{H_2}$ .

Разделив оба эти вектора на промежутки времени, получим скорость судна:

$$V = \frac{S_{H_1}}{t};$$

$$V = \frac{S_{H_2}}{t}$$

Поправка лага может быть определена по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta л \% &= \left( \frac{\bar{S}_{H_1}}{рол_1} - 1 \right) 100 \\ \Delta л \% &= \left( \frac{\bar{S}_{H_2}}{рол_2} - 1 \right) 100 \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

где  $рол_1$  и  $рол_2$ —соответственно разности отсчетов лага за время наблюдений на первом и втором курсах.

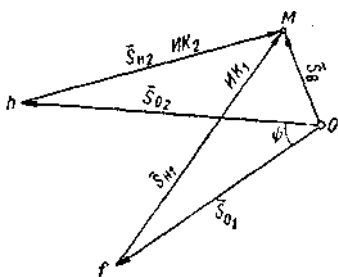


Рис. 12

Естественно, что такой способ может быть применен, только, если судно, по которому производится наблюдение, идет постоянным курсом и скоростью.

Этот способ требует практической проверки и определения точностей, с которыми можно получить  $V$  и  $\Delta l$ .

### Выбор необходимой длины пробега.

1) Необходимую длину пробега для определения поправки лага с заданной точностью можно найти из формулы

$$m_{\Delta l} = \pm 100 \sqrt{\left(\frac{1}{\rho_{ол}}\right)^2 m_{\xi}^2 + \left(\frac{S}{\rho_{ол}^2}\right)^2 m_{\rho_{ол}}^2}$$

Так как поправка лага обычно не превышает нескольких процентов, то можно принять, что  $\rho_{ол} \approx S$ ; тогда

$$m_{\Delta l} = \pm 100 \sqrt{\left(\frac{1}{S}\right)^2 m_{\xi}^2 + \left(\frac{1}{S}\right)^2 m_{\rho_{ол}}^2} = \pm \frac{100}{S} \sqrt{m_{\xi}^2 + m_{\rho_{ол}}^2}$$

Переходя от средних квадратических ошибок к предельным, получим

$$E_{\Delta l} = \pm \frac{100}{S} \sqrt{E_{\xi}^2 + E_{\rho_{ол}}^2} \quad (36)$$

где  $E_{\Delta l}$  — предельная случайная ошибка определения  $\Delta l$  на пробеге;

$E_{\xi}$  — предельная ошибка в определении длины пробега;

$E_{\rho_{ол}}$  — предельная ошибка в определении разности отсчетов лага.

Из формулы (36) видно, что ошибка в поправке лага тем меньше, чем больше  $S$ . Однако чрезмерное увеличение длины пробега является нежелательным, так как затягивает время работы, вынуждает менять масштаб ИКО, приводит к увеличению ошибок из-за возможного изменения гидрометеорологических условий во время испытаний и т. д. С другой стороны, чрезмерное уменьшение длины пробега может уменьшить и точность определения  $\Delta l$ .



Для определения оптимальной длины пробега представим формулу (36) в следующем виде:

$$S = \frac{100}{E_{\Delta L}} \sqrt{E_S^2 + E_{рол}^2} \quad (37)$$

Из формулы (37) видно, что длина пробега зависит от требуемой точности определения  $\Delta L$ , а также от ошибок в определении  $S$  и  $рол$ .

На 5-мильной шкале радиолокатора, которую наиболее целесообразно применять при определении  $\Delta L$ , расстояния до точечных объектов (буй с отражателем, катер и т. п.) определяются с ошибкой, не превышающей нескольких десятков метров.

Экспериментально установлено, что предельная случайная ошибка на этой шкале для радиолокатора «Дон» равна примерно  $\pm 30$  м.

Систематические ошибки в определении радиолокационного расстояния  $D$  не скажутся на точности определения  $S$ .

Так как  $S = D_1 - D_2$ , то  $E_S = \sqrt{2} E_D$ , где  $E_D$  — предельная ошибка измерения расстояния радиолокатором.

Выше было показано, что  $E_{рол} = \sqrt{2} E_{ол}$ , где  $E_{ол} = \pm 0,05 \text{ кбт} = \pm 9,3$  м.

Подставив найденные значения  $E_S$  и  $E_{рол}$  в формулу (37), получим

$$S = \frac{4440}{E_{\Delta L}} \quad (38)$$

Формула (38) показывает, что при существующих точностях определения расстояний радиолокатором и точности отсчета лага длина пробега зависит только от требуемой точности определения  $\Delta L$ .

При условии, что ошибка определения поправки лага не должна превышать  $\pm 1$  %, получаем длину пробега  $S = 4440 \text{ м} = 2,4$  мили.

Так как поправка лага обычно определяется не на одном пробеге, а на нескольких (2—3), то для получения  $\Delta L$  с ошибкой не более  $E_{\Delta L} = \pm 1$  % достаточно иметь длину пробега при двух пробегах равной 1,7 мили и при трех пробегах 1,5 мили.

2) Путем аналогичных рассуждений можно из формулы  $S = Vt$  получить выражение для подсчета оптимальной длины пробега при определении скорости хода судна с помощью радиолокатора:

$$S = \frac{V}{E_v} \sqrt{2E_d^2 + E_t^2 V^2} = \frac{\sqrt{2E_d^2 + E_t^2 V^2}}{\frac{E_v}{V}} \quad (39)$$

где  $E_v$ —предельная ошибка определения скорости судна на пробеге;

$E_t$  — предельная ошибка в определении времени пробега между двумя наблюдениями.

Приняв предельную ошибку в определении времени пробега  $E_t = \pm 1,5$  сек и желая получить относительную ошибку в определении скорости не более 0,5%, получим выражение для минимальной длины пробега

$$S = 200 \sqrt{2E_d^2 + E_t^2 V^2} \quad (40)$$

Если достаточно определить скорость судна с предельной ошибкой  $E_v = \pm 0,1$  узла, то длины пробега, рассчитываемые по формуле (39), будут иметь значения, приведенные в табл. 7.

Таблица 7

Скорость хода, узлы	Длина, мили, при		
	одном пробеге	двух пробегах	трех пробегах
10	2,3	1,7	1,4
15	3,6	2,6	2,2
18	4,3	3,1	2,6
20	4,9	3,5	3,0

Если принять иную точность определения расстояний до точечных объектов радиолокатором или если судоводитель желает знать поправку лага и скорость судна с другой точностью, а не с такой, какая установлена выше, то оптимальные длины пробегов могут быть легко рассчитаны по формулам (37), (39).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ХОДА И ПОПРАВКИ ЛАГА С ПОМОЩЬЮ ТОЧНЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Скорость хода судна и поправку лага можно определять с помощью некоторых радионавигационных систем, обеспечивающих определение места судна с высокой точностью. Сущность способа заключается в том, что в начале и конце пробега место судна определяется с высокой точностью.

Расстояние, пройденное судном на пробеге, снимается с крупномасштабного планшета или карты, на которые наносятся обсервованные точки.

Преимуществом такого способа определения скорости и поправки лага является высокая точность определяемых элементов, а также многократность этих определений.

Скоростные испытания можно производить на больших глубинах, что позволит избежать ошибок, вызываемых мелководьем.

Длина пробега для определения скорости может быть рассчитана по формуле

$$S = \frac{V}{E_V} \sqrt{2E_M^2 + E_f^2 V^2} \quad (41)$$

где  $E_M$  — предельная ошибка определения места судна данной радионавигационной системой.

Формула (41) получена из выражения (39).

Длина пробега, необходимая для определения поправки лага с заданной точностью, может быть определена по формуле

$$S = \frac{100}{E_{\Delta A}} \sqrt{2E_M^2 + E_{\rho_{0,1}}^2} \quad (42)$$

Формула (42) получена из выражения (37).

При использовании гиперболических радионавигационных систем для проведения скоростных испытаний направление пробега должно располагаться перпендикулярно двум последовательно расположенным гиперболическим изолиниям.

На участке пробега эти изолинии можно принять за параллельные прямые линии. Направление пробега, перпендикулярное изолиниям, выдерживается по компасу.

Началом пробега является момент прохождения какой-либо определенной изолинии, концом пробега — момент прохождения другой изолинии, отстоящей от первой на расстоянии, необходимом для проведения испытаний при данной скорости хода. В начале и в конце пробега последовательно трижды определяют место судна. В каждой начальной точке-обсервации запускают секундомеры. Стопорят секундомеры в соответствующих конечных точках-обсервациях. Все команды как предварительные, так и исполнительные подает руководитель работ, производящий наблюдения для определения места судна.

Если в районе испытаний имеется течение, то уменьшить его влияние на результаты испытаний можно путем повторения пробега и применения для обработки наблюдений формул (11) и (12). Если течение не будет совпадать с направлением пробега, то оно также будет исключаться из результатов испытаний применением указанной выше методики наблюдений и обработки. Заметим, что в этом случае вектор течения может быть разложен на составляющую, параллельную направлению изолиний, не оказывающую влияния на наблюдения, и составляющую, перпендикулярную направлению изолиний. Влияние этой составляющей вектора течения исключается применением формул (11) и (12).

## **ПРОВЕРКА ПОПРАВКИ ЛАГА В УСЛОВИЯХ ПЛАВАНИЯ**

Поправка лага должна определяться и проверяться, как правило, на мерной линии либо с помощью радиолокатора по бую с пассивным отражателем. Однако такая возможность не всегда имеется. Поэтому судоводители часто проверяют поправку лага в условиях плавания, сравнивая расстояние, пройденное по лагу, с расстоянием, пройденным между двумя точно обсервованными точками (по двум углам, по трем пеленгам, по радиоле-

кационным расстояниям до точечных объектов и т. п.) или между траверзами двух маяков (рис. 13).

В этом случае поправку лага рассчитывают по формуле (6). Однако следует иметь в виду, что определенная таким образом поправка лага будет иметь ошибку

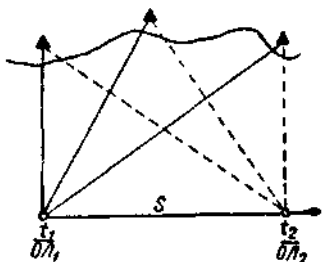


Рис. 13

за счет неизвестного, не исключенного во время испытаний течения. Для уменьшения влияния этого течения необходимо определить поправку лага и на обратном курсе. Тогда более точная поправка лага найдется по формуле (5).

Обычно в условиях плавания не всегда возможно совершить пробег в обратную сторону, чтобы исключить влияние постоянного течения на определение поправки лага. Учитывая это, капитаны дальнего плавания М. М. Лесков и Ф. П. Голенков предложили способ определения поправки лага в рейсе без пробега в обратном направлении, ограничиваясь изменением курса на угол не менее  $30^\circ$ . Такой метод позволяет исключить влияние постоянного течения на определяемую поправку лага.

Сущность данного метода заключается в следующем. Судно, следуя  $ИК_1$  (рис. 14), дважды определяет свое

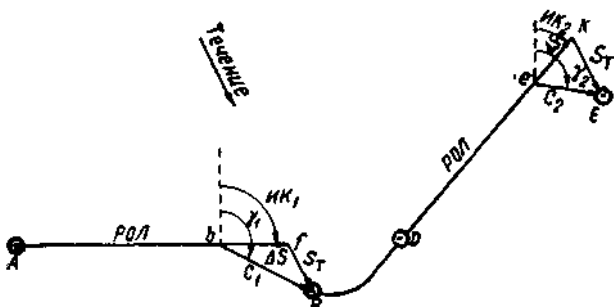


Рис. 14

место наиболее точным способом (точки  $A$  и  $B$ ). Поправка лага неизвестна и при счислении принята равной нулю. В районе плавания действует постоянное

течение со скоростью  $v_T$ , направление которого указано стрелкой. В момент второй Обсервации судно по счислению (при  $\Delta l = 0\%$ ) находилось в точке  $b$ . Невязка  $C_1$ , которую можно снять с карты, вызвана неучетом поправки лага (отрезок  $\Delta S$ ) и сносом от течения (отрезок  $S_T$ ). Из косоугольного  $\Delta bfb$  можно написать

$$s_{T_1}^2 = \Delta S_1^2 + C_1^2 - 2C_1 \cdot \Delta S_1 \cos(\gamma_1 - ИК_1), \quad (43)$$

где  $\gamma_1$  — направление невязки  $C_1$ .

Получив вторую обсервацию (точка  $B$ ), судно изменяет курс на угол не менее  $30^\circ$  и на этом курсе ( $ИК_2$ ) получает два обсервованных места (точки  $D$  и  $E$ ) через такой же промежуток времени, как и при обсервациях на  $ИК_1$ . Из косоугольного  $\Delta екE$  получим

$$s_{T_2}^2 = \Delta S_2^2 + C_2^2 - 2C_2 \cdot \Delta S_2 \cos(\gamma_2 - ИК_2) \quad (43')$$

Так как время пробега между каждой парой обсерваций одинаково ( $t_1 = t_2$ ), а течение постоянное, то

$$S_{T_1} = S_{T_2} = S_T \text{ и } \Delta S_1 = \Delta S_2 = \Delta S.$$

Решая совместно оба эти уравнения, получим

$$\Delta S = \frac{(C_1^2 - C_2^2)}{2 [C_1 \cos(\gamma_1 - ИК_1) - C_2 \cos(\gamma_2 - ИК_2)]} \quad (44)$$

Подставив  $\Delta S = S$  — *рол* в формулу (6), получим рабочую формулу для вычисления поправки лага

$$\Delta l\% = \frac{50 (C_1^2 - C_2^2)}{\text{рол} [C_1 \cos(\gamma_1 - ИК_1) - C_2 \cos(\gamma_2 - ИК_2)]} \quad (45)$$

Если при плавании на втором курсе  $ИК_2$  не удалось получить обсервованные точки через такой же промежуток времени, как и на первом курсе  $ИК_1$ , то необходимо значение невязки  $C_2$  привести ко времени пробега на первом курсе:

$$C_2' = C_2 \frac{t_1}{t_2} \quad (46)$$

где  $C_2'$  — невязка на втором курсе для случая  $t_2 \neq t_1$ , т. е. приведенное значение невязки.

В этом случае в формулу (45) вместо  $C_2$  следует подставлять  $C'_2$ .

Точность определения поправки лага таким методом зависит от постоянства течения в районе плавания, точности обсерваций и построений на карте, а также от величины пройденного расстояния и величины изменения курса. Анализ показывает, что для получения поправки лага с точностью до 1% необходимо иметь длину пробега между обсервациями не менее 20 миль. Прокладку нужно вести на карте наиболее крупного масштаба, определяя места судна наиболее точными способами.

Пример. Следуя вдоль берега  $ИК_1 = 90^\circ$  со скоростью 10 узлов, определили место судна по трем пеленгам, через 2 ч наблюдения повторили. Разность отсчетов лага за время пробега между обсервациями  $rol = 20,0$ . Поправка лага неизвестна и принята равной нулю. Нанеся на карту счислимое и обсервованное места, получаем невязку  $C_1 = 121^\circ - 2,8$  мили.

Для определения поправки лага после второй обсервации легли на  $ИК_2 = 45^\circ$ . На этом курсе также получили две обсервованные точки через промежуток времени 2 ч;  $rol_2 = 20,0$ . Невязка  $C_2 = 106^\circ - 2,2$  мили.

Получив необходимые данные, по формуле (45) вычисляем поправку лага:

$$\Delta \lambda \% = \frac{50 (2,8^2 - 2,2^2)}{20 [2,8 \cos (121^\circ - 90^\circ) - 2,2 \cos (106^\circ - 45^\circ)]} =$$

$$= \frac{150}{26,8} = +5,6\%$$

Действительная поправка лага в данном случае была равна +5,0%. Таким образом, ошибка в поправке лага, определенной данным методом, оказалась равной 0,6%.

Во время плавания на судно действовало течение на SO со скоростью 1 узел.

Если же не только пробег в обратную сторону, но и отворот на другой курс осуществить нельзя, то полученной поправкой лага, определенной на одном курсе, можно пользоваться только на данном курсе. Эту поправку лага правильнее называть поправкой плавания.

## ИНЕРЦИЯ СУДНА И ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Знание элементов инерции судна является важным для судоводителя главным образом с точки зрения вопросов морской практики, связанных со швартовкой

судна, буксировкой, постановкой на якорь, выполнением ППСС и пр.

Основными элементами инерции являются:

1. Расстояние, проходимое судном от момента изменения положения ручек машинного телеграфа до момента, когда судно развивает скорость, соответствующую этому положению.

2. Время, за которое судно изменяет движение с одного режима на другой.

Наиболее важные элементы инерции судна, которые нужно знать судоводителю, следующие:

1. Время, необходимое для остановки судна после перевода ручек машинного телеграфа в положение «Стоп» со скоростей, которыми обычно ходит судно, а также расстояние, проходимое судном по инерции за это время.

2. Время, необходимое для остановки судна после перевода ручек машинного телеграфа в положение «Полный назад» со скоростей, которыми обычно ходит судно, а также расстояние, проходимое судном по инерции за это время.

3. Время, необходимое для установления новой (большей или меньшей) скорости после перевода ручек машинного телеграфа в новое положение со скоростей, которыми обычно ходит судно, а также расстояние, проходимое судном за это время.

4. Время, необходимое для приобретения определенной скорости хода после перевода ручек машинного телеграфа из положения «Стоп».

Элементы инерции зависят от следующих факторов:

времени, необходимого для передачи команды в машинное отделение<sup>1</sup>;

времени, необходимого для перевода механизмов на новый режим работы и развития гребными винтами нового числа оборотов;

времени, необходимого для преодоления инерции судна, считаемого от момента развития гребными винтами нового числа оборотов до момента установления новой скорости судна, соответствующей этому числу оборотов.

<sup>1</sup> На судах, где управление двигателями производится непосредственно с мостика, этого элемента не будет.



Элементы инерции проще всего определяются опытным путем. При определении элементов инерции ветер и состояние моря не должны превышать 1 балла.

Все вышеназванные элементы инерции могут быть определены, если есть возможность точно знать место судна.

Наиболее точно элементы инерции могут быть определены в случае, если места судна определяются по двум горизонтальным углам, измеренным с помощью секстана. Секстаны должны быть тщательно выверены и подготовлены к работе. Работа по определению инерции судна в этом случае заключается в следующем.

Судно выходит в район, где возможно определение места судна по двум углам, и ложится на курс, на котором будет производиться работа.

Когда судно разовьет необходимую скорость, руководитель работ подает команду «товсь». По этой команде наблюдатели начинают измерение углов, держа все время изображения предметов, между которыми измеряются углы, совмещенными в поле зрения секстана.

В момент подачи команды «ноль» ручки машинного телеграфа переводятся в новое положение, запускается секундомер и измеряются горизонтальные углы.

После этого наблюдают за показаниями указателя скорости лага и отмечают по секундомеру, не останавливая его, моменты изменения скорости хода на 1 — 2 узла. Целесообразно в эти моменты определять места судна.

Когда судно разовьет новую скорость, о чем судят по показанию указателя скорости лага, стопорят секундомер и вновь измеряют горизонтальные углы.

Нанеся на карту крупного масштаба места судна, снимают расстояние между начальной и конечной точками.

По данным наблюдений можно построить график зависимости пути, пройденного судном при реверсе, от времени и кривую изменения скорости хода при реверсе в зависимости от времени.

Удобно производить определение элементов инерции на мерной линии.

В этом случае перевод ручек машинного телеграфа в новое положение и команда «ноль» подаются в момент пересечения первого секущего створа. При этом судно

должно лежать на курсе, перпендикулярном секущему створу.

При увеличении или уменьшении скорости хода во время определения элементов инерции судно удерживается на заданном курсе с помощью руля.

Если же инерция определяется после перевода ручек машинного телеграфа в положение «Стоп», то судно удерживают на курсе до момента, пока оно слушается руля, после чего руль ставится прямо.

Наиболее просто и достаточно точно элементы инерции судна могут быть определены с помощью радиолокатора по бую с пассивным отражателем (или по радиолокационной вехе). При этом начальный порядок наблюдений тот же, что и для определения скорости и поправки лага. Далее судно приводит буй (веху) на  $KV = 0^\circ$  ( $180^\circ$ ) и развивает необходимую скорость хода. ПКД устанавливается на определенное расстояние, например, на 1 или 2 мили. В момент касания эхо-сигнала буя и ПКД машинный телеграф ставится в новое положение, включается секундомер. Когда судно приобретет новый режим движения, измеряется расстояние до буя (вехи) и останавливается секундомер. Разность расстояний, измеренных до буя (вехи) в начале и конце наблюдений, представит расстояние, пройденное судном по инерции, а секундомер покажет время, которое потребовалось для установления нового режима движения (в частном случае для остановки судна).

Время и расстояние, проходимое по инерции с момента перевода ручек машинного телеграфа в положение «Стоп» и до полной остановки судна, определяются не менее чем при трех режимах работы машины: с полного, среднего и малого ходов. В целях сокращения времени определения этих элементов инерции капитан дальнего плавания А. Н. Раховецкий предложил полностью производить наблюдения только с полного хода, а со среднего и малого ходов ограничиться наблюдением времени и изменением пройденного расстояния до приобретения судном определенной скорости  $V'$ , на 2—3 узла меньшей скорости малого хода. Это возможно, так как при одинаковых условиях испытаний независимо от начальной скорости хода время  $\Delta t$  и путь  $\Delta S$ , проходимый судном от момента, когда оно приобрело скорость  $V$ , до полной его остановки, будут

одинаковыми. Поэтому при измерениях со среднего и малого ходов замечают время и путь, пройденный только до момента приобретения судном скорости  $V'$ . К наблюдаемым значениям времени и пути прибавляют соответственно величины  $\Delta t$  и  $\Delta S$ , полученные при испытаниях с полного хода. В результате получают величину тормозного пути и время инерции со среднего и малого ходов.

В случае, когда нет возможности определять элементы инерции судна приведенными выше способами, применяют метод «планширного» лага. Для этого три наблюдателя располагаются: на носу судна, на корме и на мостике. Между ними устанавливается связь (свистком, флажками или по телефону).

В момент перевода ручек машинного телеграфа в новое положение наблюдатель на носу сбрасывает вешку (чурку). Наблюдатель на мостике запускает в этот момент секундомер. Когда первая вешка окажется на траверзе наблюдателя на корме, он подает сигнал, по которому наблюдатель на носу сбрасывает вторую вешку. Сбрасывание вешек продолжается до момента, пока судно не разовьет новую заданную скорость, что определяется по показанию указателя скорости лага. В этот момент стопорится секундомер и на глаз определяется расстояние от носа или от кормы судна до последней сброшенной вешки.

Подсчитав число сброшенных вешек и учтя положение последней вешки, получают искомое расстояние в длинах судна (рис. 15). Результаты наблюдений сводятся в таблицу (см. приложение).

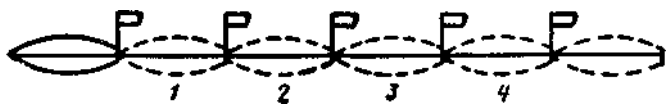


Рис. 15

По сообщениям печати, за рубежом для определения элементов инерции успешно применяется фазовая система Декка, позволяющая непрерывно получать место судна с высокой точностью. При определении элементов инерции используют специальные крупномасштабные карты определенного района, на которые

наносят изолинии, оцифрованные в метрах. Для примера на рис. 16 показана запись движения судна, у которого

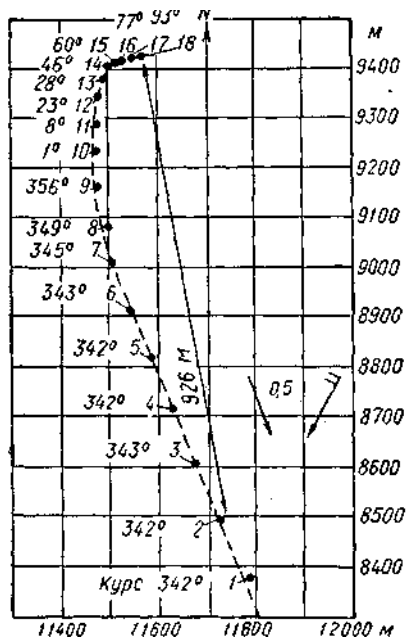


Рис. 16

определялись элементы инерции после дачи полного хода назад. Около точек обсерваций (1—18) показан курс судна в каждой из этих точек. В точке 2 был дан полный ход назад, а в точке 6 машина застопорена. Расстояние, пройденное судном по воде до полной остановки за время 6,5 мин, равно 1026 м. По прямой расстояние от точки 2 до точки 18, в которой судно не имело движения, несколько меньше и равно 926 м. Судно двигалось по криволинейному пути под влиянием ветра и течения.

При определении элементов инерции с помощью фазовых систем можно получить с высокой точностью не только элементы инерции, но и установить подлинную траекторию движения судна. Знание пути судна после изменения режима его движения имеет важное значение во многих случаях морской практики, в частности, для выбора правильного маневра при расхождении в тумане с помощью РЛС.

**Вычисление тормозного пути по формуле.** Приближенный расчет тормозного пути может быть сделан по формуле, полученной на основе обработки натуральных испытаний:

$$S_T = 0,012 \frac{D V^2}{T_s + T_0 \frac{V^2}{2V_0^2}} \quad (47)$$

где  $S_T$  — длина тормозного пути после начала работы двигателей на задний ход, м;  $D$  — водоизмещение, т;  $T_3$  — упор винта на заднем ходу, т;  $T_0$  — упор винта на полном ходу, т;  $V$  — скорость хода, с которой идет судно, узлы;  $V_0$  — скорость полного хода, узлы. Если судно идет полным ходом, то формула упрощается:

$$S_T = 0,012 \frac{D V_0^2}{T_3 + \frac{T_0}{2}} \quad (47')$$

Пример. 7 мая 1963 г. УПС «Зенит» имело:  $D = 5050$  т,  $H_{сд} = 5,3$  м,  $V_0 = 13,2$  узла,  $T_0 = 11,0$  т,  $T_3 = 11,3$  т. Найти  $S_T$ .

Решение:  $S_T = 0,012 \cdot (5050 \cdot (13,2)^2) / 17 = 602$  м.

В этот же день непосредственными наблюдениями по бую с РЛП получили  $S_T = 578$  м.

Вычисление по формуле (47) дает приближенное значение  $S_T$ , поэтому этот способ может быть применен только в случае, когда не удастся определить длину тормозного пути более точным способом.

## ЦИРКУЛЯЦИЯ СУДНА

Циркуляцией называется криволинейная траектория, описываемая центром тяжести судна при выведенном из прямого положения руле (рис. 17).

После подачи команды на руль (точка  $A$ ) судно не сразу начинает совершать циркуляцию, а некоторое расстояние проходит прежним курсом (до точки  $B$ ). Это объясняется тем, что от момента подачи команды на руль до момента поворота пера руля на заданный угол проходит некоторый промежуток времени. Промежуток времени, в течение которого судно продолжает идти прежним курсом, называется мертвым промежутком. Он характеризует инерционные качества судна.

Например, у некоторых судов типа «Андижан» мертвый промежуток равен 8—12 сек (за это время судно проходит 0,3—0,5 кбт).

За время мертвого промежутка судно может уклониться от первоначального курса в сторону, противоположную перекладке руля, на незначительное расстояние, не

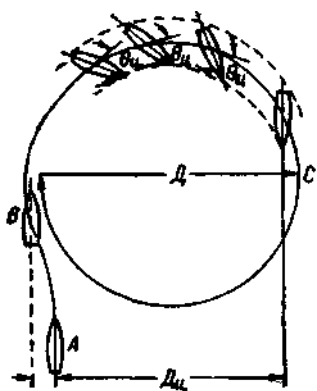


Рис. 17

превышающее ширины судна. В дальнейшем центр тяжести судна начинает движение по спиральной кривой, которая после поворота судна на 90—180° принимает форму окружности и называется установившейся циркуляцией.

Основными элементами циркуляции судна являются диаметр и полупериод циркуляции. Диаметр циркуляции характеризует собой поворотливость судна.

Различают тактический диаметр и диаметр установившейся

циркуляции. Под тактическим диаметром циркуляции  $D_{ц}$  понимают расстояние по нормали между первоначальным курсом судна и его диаметральной плоскостью после поворота на 180°.

Диаметром установившейся циркуляции  $D$  называется диаметр окружности, по которой движется центр тяжести судна во время установившейся циркуляции.

Для судоводителей практическое значение имеет тактический диаметр циркуляции. Тактический диаметр циркуляции превышает соответствующий ему диаметр установившейся циркуляции примерно на 10%. В дальнейшем тактический диаметр циркуляции будем называть просто диаметром циркуляции.

Для судна величина диаметра циркуляции зависит от ряда факторов, например, от изменения скорости хода, угла перекладки руля, числа действующих винтов, загрузки судна, дифферента, крена и пр.

При изменении скорости судна диаметр циркуляции изменяется в небольших пределах. Например, при увеличении скорости хода судна в 2 раза диаметр циркуляции увеличивается примерно на 25%.

С увеличением угла перекладки руля диаметр циркуляции уменьшается.

Для навигационных целей диаметр циркуляции выражается в кабельтовых, для целей управления судном — в длинах судна, причем для морских транспортных судов диаметр циркуляции обычно составляет 5—8 длин судна.

Вторым основным элементом, характеризующим поворотливость судна, является полупериод циркуляции. Под полупериодом циркуляции понимают промежуток времени, в течение которого судно поворачивается на  $180^\circ$ . Он зависит от скорости хода судна и угла перекладки руля. С увеличением скорости хода судна и угла перекладки руля полупериод циркуляции уменьшается.

Когда судно совершает циркуляцию, его диаметральной плоскостью не совпадает с касательной к криволинейной траектории движения центра тяжести, в результате чего образуется так называемый угол дрейфа  $\Theta_{\text{ц}}$ . Нос судна смещается при этом внутрь кривой циркуляции, а корма заносится во внешнюю ее сторону. С увеличением скорости угол дрейфа увеличивается, и наоборот.

Благодаря наличию угла дрейфа судно ляжет на обратный курс раньше, чем его центр тяжести придет в точку *C* (см. рис. 17).

Из-за наличия угла дрейфа судно на циркуляции занимает полосу воды больше ширины судна. Это обстоятельство необходимо учитывать при плавании в узкостях.

Величина угла дрейфа на циркуляции бывает обычно порядка  $4\text{—}10^\circ$ .

Во время поворота вследствие тормозящего действия руля и появления угла дрейфа возрастает сопротивление воды движению судна, что приводит к уменьшению скорости хода. Потеря скорости хода на циркуляции доходит до  $25\text{—}30\%$ , а у некоторых судов — до  $50\%$ , причем у судов, обладающих лучшей поворотливостью, потери в скорости хода больше.

При перекладке руля появляется крен в сторону центра циркуляции, а с началом поворота крен в сторону центра циркуляции исчезает и судно получает крен на другой борт.

Все элементы циркуляции определяются опытным путем для основных режимов работы машин на переднем ходу при принятых для данного судна углах перекладки руля как вправо, так и влево — для

одновинтовых судов, и только в одну сторону — для двухвинтовых судов, для двух вариантов загрузки—в балласте и в полном грузу.

Для этого, переложив руль, примерно через каждые 20—30 сек определяют места судна на циркуляции, замечают курсы по гирокомпасу и крен по кренометру. Затем на планшете или карте крупного масштаба по данным наблюдений наносят места судна и соединяют их плавной кривой. Зная удаление форштевня и ахтерштевня от точки на судне, положение которой определялось по береговым предметам, и курс, на планшете наносят положение диаметральной плоскости судна в каждый момент наблюдений. С планшета снимают диаметр циркуляции, угол дрейфа, определяют ширину полосы, занимаемую судном во время поворота. Графическое построение циркуляции дает возможность определить и другие элементы циркуляции.

При определении элементов циркуляции требования к гидрометеорологическим условиям должны быть не ниже, чем при определении скорости хода и поправки лага. При наличии постоянного течения определение элементов циркуляции рекомендуется производить относительно свободно плавающих ориентиров. Если такой возможности нет, то совершают одинаковые повороты дважды — по течению и против течения. Осредненные результаты этих наблюдений дадут элементы циркуляции, в которых искажения за счет влияния течения будут значительно уменьшены. Производить определение элементов циркуляции на переменном течении не рекомендуется вследствие низкой точности получаемых в этом случае результатов наблюдений.

Определение места судна на циркуляции может производиться следующими способами: с помощью радиолокатора, по двум горизонтальным углам, по пеленгу и вертикальному углу и др.

**Определение элементов циркуляции с помощью радиолокатора<sup>1</sup>**. В качестве объекта, относительно которого производится определение места судна, может быть использован буй с пассивным радиолокационным отражателем или радиолокационная вежа. ИКО радиолокатора должен быть ориентирован относительно меридиана.

<sup>1</sup> Радиолокатор должен иметь ПКД.



Придя на траверз буй на расстоянии 2—3 *кбт*, судно начинает описывать циркуляцию (рис. 18).

В момент подачи команды на руль (точка *A*) запускаются 3 секундомера. В момент начала поворота судна—точка *B* (определяется по компасу)—один из секундомеров останавливается. Отсчет по этому секундомеру покажет величину мертвого промежутка. В моменты подачи команды на

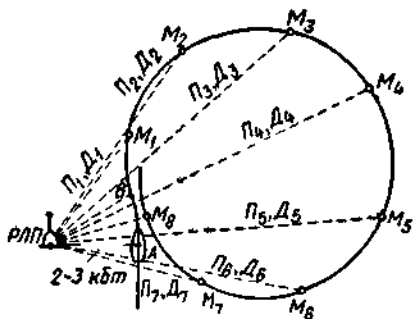


Рис. 18

руль при начале поворота, а затем через каждые 30 *сек* берут по гирокомпасу пеленги на буй и измеряют расстояния до него с помощью радиолокатора. Одновременно замечают курсы по компасу и показания кренометра. Когда судно придет на обратный курс, останавливают второй секундомер.

Работа продолжается до тех пор, пока судно не вернется на первоначальный курс. В этот момент останавливают третий секундомер.

Закончив наблюдения, производят построение кривой циркуляции. Для этого на листе бумаги от одной точки прокладывают истинные пеленги<sup>1</sup> и измеренные расстояния в произвольно избранном масштабе. Полученные точки соединяют плавной кривой, а затем снимают элементы циркуляции.

Наблюдения рекомендуется вести по схеме, которая приводится ниже.

Если судоводителю необходимо получить только основные элементы циркуляции (тактический диаметр и период), то наблюдения значительно упрощаются.

Судно развивает необходимую скорость и ложится на курс с расчетом пройти буй в расстоянии 2—3 *кбт*.

<sup>1</sup> Баллистическими погрешностями гирокомпаса, возникающими на циркуляции, ввиду их сравнительно небольшой величины пренебрегаем.

### Схема записей наблюдений при определении элементов циркуляции с помощью радиолокатора

Судно \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Район наблюдений \_\_\_\_\_

Использованный для наблюдений объект \_\_\_\_\_

Состояние моря \_\_\_\_\_ Глубина \_\_\_\_\_ Ветер \_\_\_\_\_

Отстояние форштевня от места наблюдателя \_\_\_\_\_

Отстояние ахтерштевня от места наблюдателя \_\_\_\_\_

№ п/п	Скорость, узлы	Положение руля	Момент	Курс по гирокомпасу	Пеленг по гирокомпасу	Расстояние с ИКО, <i>кбт</i>	Диаметр циркуляции		Полупериод циркуляции $T_{180}^{\circ}$ , <i>мин, сек</i>	Период циркуляции $T_{360}^{\circ}$ , <i>мин, сек</i>	Угол дрейфа $\Theta_{ц}$ $^{\circ}$	Угол крена, <i>град</i>
							тактический $D_{тв}$ , <i>м</i>	установившийся $D$ , <i>м</i>				

За бум должно вестись непрерывное тщательное наблюдение по ИКО радиолокатора. Когда буй окажется на траверзе, подается команда «ноль», по которой начинают поворот, запускают секундомер и измеряют расстояние до буйа  $D_1$  с помощью радиолокатора.

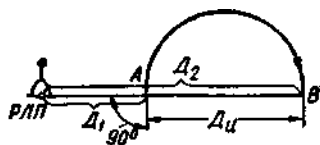


Рис. 19

В момент прихода судна на обратный курс секундомер стопорится, судно удерживается на этом курсе и, когда буй снова окажется на траверзе судна, второй раз измеряется расстояние до него  $D_2$  (рис. 19). Диаметр циркуляции определится по формуле

$$D_{ц} = D_2 - D_1. \quad (48)$$

Рассмотренный способ является весьма простым и не требует большой затраты времени.

**Определение элементов циркуляции путем фотографирования экрана радиолокатора.** В ряде случаев возникает необходимость получить подлинную форму циркуляции. Особенно это важно для судов, у которых циркуляция значительно отличается от окружности. Получить форму циркуляции можно проще всего путем фотографирования на экране радиолокатора положения небольшого плавающего предмета (буя, бочки или радиолокационной вехи) во время поворота судна.

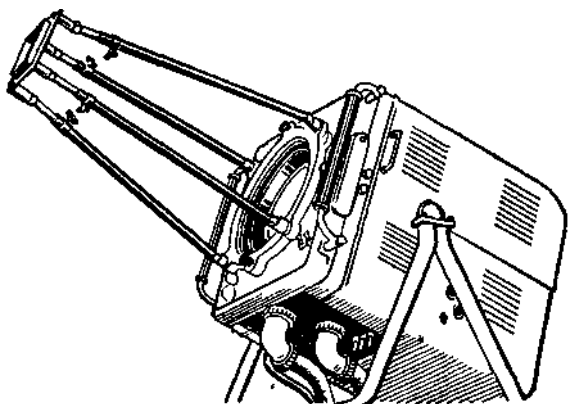


Рис. 20

Идея этого способа состоит в том, что эхо-сигнал от точечного объекта на экране радиолокатора в период циркуляции судна опишет кривую, точно повторяющую циркуляцию судна. Эта кривая фотографируется<sup>1</sup> на один кадр с помощью фотоаппарата, установленного над экраном радиолокатора на специальной приставке (рис. 20). На полученном затем фотоотпечатке будет изображена кривая, с которой можно снять необходимые элементы циркуляции и получить представление о форме циркуляции.

<sup>1</sup> Вопросы фотографирования экрана радиолокатора здесь не излагаются, так как они подробно освещены в книге Гамова А. Г., Авербаха Н. В. Использование радиолокации в судовождении «Морской транспорт», М, 1960

Как известно, изображение на экране радиолокатора может быть ориентировано либо относительно диаметральной плоскости (по курсу), либо относительно меридиана (по норду). От способа ориентировки изображения будет зависеть вид кривой, представляющей на отпечатке движение эхо-сигнала точечного объекта во время поворота судна. При ориентировке «по норду» эта кривая будет в точности воспроизводить кривую циркуляции судна и ее диаметр будет равен  $D_{ц}$ . При ориентировке «по курсу» получится кривая радиуса, равного радиусу циркуляции судна плюс первоначальное расстояние до буя с РЛП. Это различие необходимо учитывать для правильного дешифрирования фотоснимков. Покажем, какая кривая получается на фотоснимке при каждом способе ориентировки.

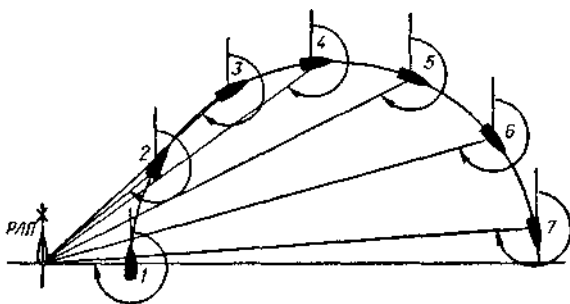


Рис. 21

Изображение ориентировано «по норду». Судно совершает циркуляцию (рис. 21) около буя с РЛП. Из различных точек кривой циркуляции (точки 1, 2, ..., 7) следует взять пеленги и расстояния до буя. Для получения пути движения эхо-сигнала буя на экране необходимо из одной точки, как из центра развертки, проложить снятые пеленги и расстояния и соединить их плавной кривой, как показано на рис. 22, где точка  $O'$  есть центр развертки. Из рисунка видно, что траектория эхо-сигнала подобна траектории циркуляции судна и имеет одинаковый с ней диаметр, если антенна радиолокатора установлена в диаметральной плоскости. Если эту траекторию сфотографировать, то с отпечатка можно снять  $D_{ц}$  и другие данные.

Изображение ориентировано «по курсу». Некоторые типы радиолокаторов не имеют связи индикатора с гирокомпасом, и ориентировка изображения на таких станциях возможна только «по курсу».

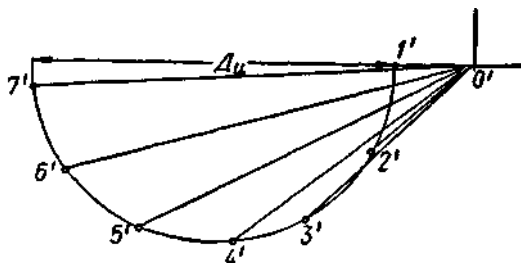


Рис. 22

Пусть судно с таким радиолокатором совершает циркуляцию (рис. 23). Из ее различных точек (1,2,...,8) измерим курсовые углы и расстояния до буя. Из точки  $O'$

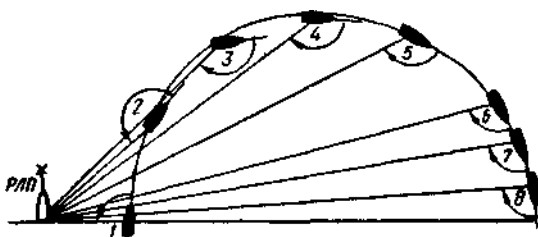


Рис. 23

(рис. 24), как из центра развертки, отложим расстояния под соответствующими курсовыми углами и через полученные точки  $1'$ ,  $2'$ , ...,  $8'$  проведем плавную кривую, которая будет представлять собой траекторию движения эхо-сигнала буя при повороте судна. Как видно из рис. 23 и 24, построенная по точкам траектория эхо-сигнала буя не будет подобна кривой движения судна на циркуляции и расстояние между начальной и конечной точками на фотоснимке не будет равно диаметру циркуляции. Для определения  $D_{ц}$  в этом случае придется сделать на снимке дополнительные измерения и подсчеты:

измерить расстояние от центра развертки до максимально удаленной точки кривой эхо-сигналов —  $D_{\max}$  (расстояние между точками  $O'$  и  $8'$ );

измерить расстояние от центра развертки до точки начала циркуляции  $D_{\min}$  (расстояние между точками  $O'$  и  $1'$ );

рассчитать диаметр циркуляции по формуле

$$D_{\text{ц}} = D_{\max} - D_{\min}$$

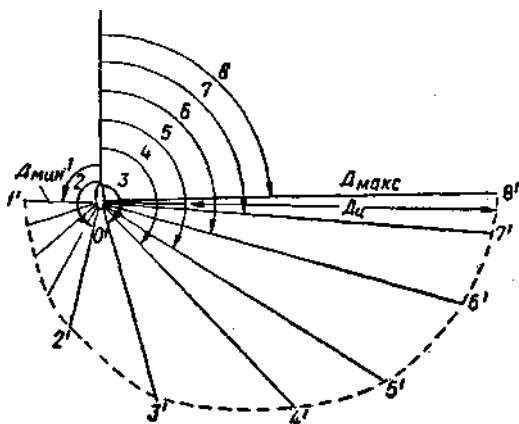


Рис. 24

Очевидно, второй способ ориентировки («по курсу») менее удобен.

В качестве примера на рис. 25 показана циркуляция УПС «Зенит», снятая с ИКО РЛС при ориентировке экрана «по курсу». Пунктирной кривой показан относительный путь буя во время циркуляции судна вправо на полном ходу при положении руля  $15^\circ$ . Сплошным кругом изображен ПКД, установленный на 0,4 мили. Он служит масштабом для измерения расстояний. Получим:

$$D_{\max} = 73,0 \text{ мм}; \quad D_{\min} = 13,5 \text{ мм};$$

$$D_{\text{ц}} = D_{\max} - D_{\min} = 59,5 \text{ мм}.$$

Диаметр кольца равен 111 мм, или 8,0 кбт. Коэффициент масштаба — 0,072.  $D_{\text{ц}} = 4,3$  кбт.

Так как период вращения антенны радиолокатора «Дон» на УПС «Зенит» был 3,6 сек, то и отметки эхосигнала буя появлялись на экране и фотографировались

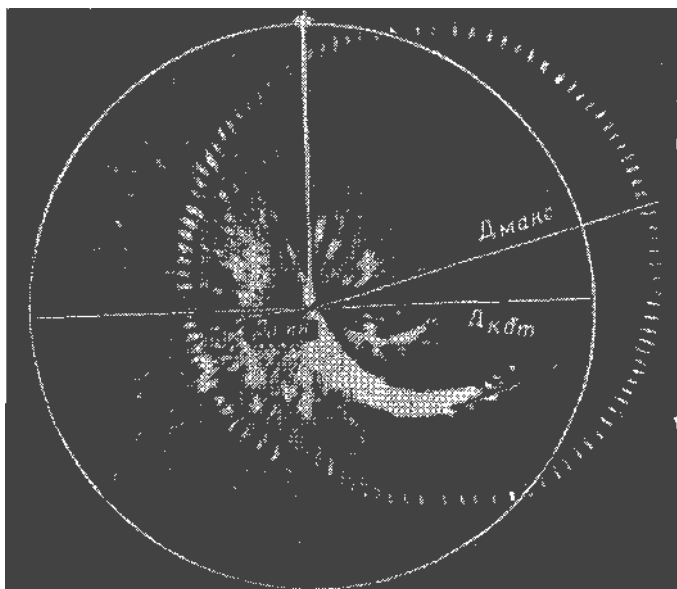


Рис. 25

через 3,6 сек. Подсчет этих отметок позволяет определить полупериод и период циркуляции. В данном случае получаем  $T_{180^\circ} = 3^{\text{М}}31,^{\text{С}}6$ ,  $T_{360^\circ} = 6^{\text{М}}52,^{\text{С}}0$ .

Можно предложить следующую методику определения циркуляции способом фотографирования экрана радиолокатора.

1. За 20—30 мин до начала работ включить радиолокатор и установить приставку с фотоаппаратом.
2. Изображение на экране ориентировать «по норду» («Океан», «Дон», «Нептун») или «по курсу» («Донец», «Створ»).

Установить крупномасштабную шкалу дальности в соответствии с табл. 8.

Таблица 8

Радиолокатор	Ориентировочный диаметр циркуляции, <i>кбт</i>			
	до 3	3-6	6-8	более 8
	Шкалы дальности, мили			
«Дон» .....	0,8	0,8	2,5	2,5
«Нептун» .....	1,5	1,5	1,5	1,5
«Донец» .....	0,5	1,0	1,0	3,0
«Створ» .....	0,5	1,0	1,0	2,5
«Океан» .....	1,0	2,0	4,0	4,0

3. Лечь на такой курс подхода к бую с РЛП, чтобы оставить его вне циркуляции. Траверзное расстояние до буя в начале циркуляции зависит от выбранной шкалы дальности и диаметра циркуляции. В общем случае оно должно быть 1,5 — 3,0 *кбт*, но не менее 1 *кбт*. При выборе траверзного расстояния следует иметь в виду, что на шкалах крупного масштаба, даже при небольшом волнении, центр экрана сильно засвечивается и на этом фоне трудно будет выделить эхо-сигналы от буя.

4. За 3—4 *мин* до начала поворота включить отметку курса и ПКД. Визир установить на отсчет истинного курса  $\pm 90^\circ$  при ориентировке изображения «по норду» и на отсчет  $90—270^\circ$  при ориентировке «по курсу». Яркость отметок курса и ПКД устанавливается минимальной, для того чтобы на фотоснимке они имели минимальную толщину. Время экспонирования на пленку отметок курса и НКД при этом не будет превышать 5—6 *сек*.

Во время фотографирования экрана подсвечивать картушку не надо.

5. За 5—10 *сек* до начала поворота открыть затвор фотоаппарата.

6. В момент прихода эхо-сигнала буя на траверз (пересечение линейки визира) подается команда рулевому, включаются два секундомера, замечается и записывается отсчет лага и компасный курс, выключается отметка курса и НКД.

7. При повороте судна на 10, 20, 30° и т. д. по команде наблюдателя у компаса замечаются и записываются моменты по секундомерам.



8. Через 10—15 сек после поворота судна на  $360^\circ$  закрыть затвор фотоаппарата.

9. После определения циркуляции точно измерить время одного оборота антенны, что позволит при дешифрировании получить время любого эхо-сигнала на снимке от момента начала циркуляции. Отметив на траектории эхо-сигнала места судна в моменты, соответствующие повороту судна на  $10, 20, 30^\circ$  и т. д. (см. п. 7), можно получить угол дрейфа на циркуляции.

10. После проявления пленки и печати снимка произвести его дешифрирование. Масштаб изображения определяется как отношение диаметра кольца дальности, измеренного на фотоснимке в миллиметрах, к его размеру в кабельтовых. Так как кольцо дальности имеет некоторую толщину, что вызывает трудности при дешифрировании фотоснимка, то необходимо при калибровке дальномера радиолокатора точно установить, • какому краю кольца соответствует измеряемое расстояние. Обычно дальномер калибруется на наружный край кольца.

При печатании фотоснимка для получения более крупного изображения целесообразно печатать только траекторию эхо-сигналов и кольцо дальности.

В заключение отметим, что хотя предлагаемый способ определения циркуляции и требует дополнительного оборудования (фотоприставка и фотоаппарат), он имеет следующие преимущества:

дает возможность получить не только диаметр циркуляции, но и форму всей траектории и угол дрейфа (при ориентировке изображения «по норду»);

после определения циркуляции остается документальный материал в виде фотоснимка;

не зависит от индивидуальных качеств наблюдателя, роль которого выполняет фотоаппарат, что исключает возможность промахов и ошибок.

Применение данного способа на судах морского флота позволит более детально изучить их циркуляцию и обеспечит безопасное плавание в узкостях.

Определение элементов циркуляции по движущемуся судну. Проф. М. М. Лесков предложил определять элементы циркуляции по судну, идущему постоянными курсом  $K_\theta$  и скоростью в расстоянии 2—3



$0'$  —  $5'$  определен курс и скорость судна-ориентира. По этим данным наносят на линии курса этого судна точки  $6'$ — $14'$ , соответствующие последующим моментам наблюдений. Проложив из этих точек пеленги и расстояния, получают ряд точек, которые соединяют плавной кривой. Эта кривая и является кривой циркуляции судна. Точность способа зависит от ошибок определения элементов движения судна-ориентира наблюдателем.

Определение элементов циркуляции с помощью картосличительной приставки «Пальма». С помощью приставки «Пальма» можно просто и достаточно точно определить вид кривой циркуляции и ее элементы. Для этого на приставке «Пальма» устанавливают крупномасштабный планшет (1 : 25 000) или чистый лист бумаги. Согласование масштаба радиолокационного изображения с масштабом планшета производится следующим образом. На планшете (листе бумаги) вычерчиваются в масштабе 1 : 25 000 концентрические окружности. Рукояткой «масштаб грубо» устанавливается первый поддиапазон (от 1 : 25 000 до 1 : 50 000). Рукояткой «масштаб плавно» совмещают масштабные кольца ИКО с концентрическими кольцами на планшете. Изображение на ИКО ориентируется по «норду».

Судно подходит к бую на расстояние 2 — 3 кбт и начинает описывать циркуляцию. В момент подачи команды на руль запускаются три секундомера и отмечается на планшете видимое положение буя. В момент начала поворота судна (определяется по компасу) останавливается один из секундомеров. Отсчет по этому секундомеру покажет величину мертвого промежутка. В этот же момент замечают отсчеты по двум остальным секундомерам и отмечают на планшете видимое положение буя. Затем через равные промежутки времени (10 — 15 сек) отмечают на планшете видимые положения буя, и при каждой отметке записывают курс по гирокомпасу и крен по кренометру. В момент прихода судна на обратный курс останавливают второй секундомер, а когда судно придет на первоначальный курс, останавливают третий секундомер. Соединив полученные точки плавной кривой, получают кривую циркуляции судна, с которой снимают все необходимые данные. При каждой точке проводят отрезок прямой по соответствующему

$KK_{ГК}$ , указывающему положение диаметральной плоскости, и определяют угол дрейфа на циркуляции  $\Theta_{ц}^{\circ}$ .

Приближенный способ определения элементов циркуляции с помощью радиолокатора. При необходимости определить диаметр циркуляции в открытом море до подхода к узкости можно воспользоваться следующим простым приемом.

Известно, что на экране радиолокатора при спокойном состоянии моря хорошо изображается кильватерная струя за кормой судна. Из этого вытекает простой способ определения диаметра циркуляции. Судно должно совершить поворот (лучше на  $360^{\circ}$ ), после чего штурману необходимо измерить расстояние до наиболее удаленной точки эхо-сигналов от взволнованной судном на циркуляции поверхности моря. В момент измерения,

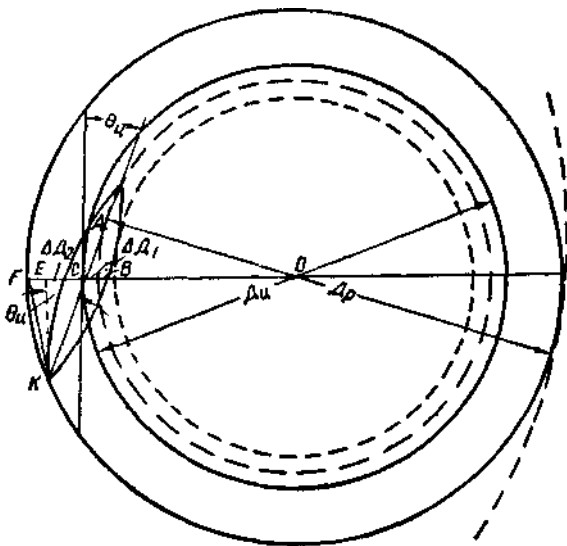


Рис. 27

плавно регулируя ПКД, точно совмещают его с передней кромкой эхо-сигнала (рис. 27). Для получения диаметра циркуляции измеренное расстояние необходимо исправить двумя поправками по формуле:

$$D_{ц} = D_{р} + \Delta D_1 - \Delta D_2 = D_{р} + AC \sin \Theta_{ц} - CK \sin \Theta_{ц}, \quad (49)$$

где  $AC$  — расстояние между антенной РЛС и центром тяжести судна;

$СК$  — расстояние между центром тяжести судна и кормовым срезом по ватерлинии;

$\Theta_{ц}$  — угол дрейфа на циркуляции.

Если угол дрейфа невелик (не более нескольких градусов) или неизвестен, то можно приближенно принять  $D_{ц} = D_{р}$ .

Целесообразность применения данного способа на судах морского флота должна быть практически проверена.

**Определение элементов циркуляции по двум горизонтальным углам.** Для определения элементов циркуляции по двум горизонтальным углам выбирается район, где имеются три хорошо видимых береговых знака (рис. 28), причем угол пересечения линий

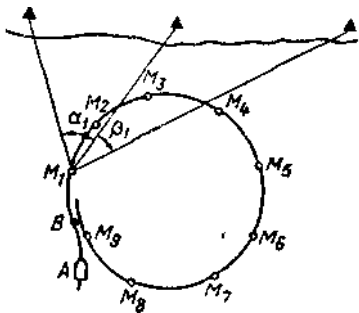


Рис. 28

положения в районе наблюдений не должен быть менее  $30^\circ$  и более  $150^\circ$ . Для проведения работ необходимо иметь два хорошо выверенных секстана.

Порядок работы при испытаниях такой же, как и при определении элементов циркуляции с помощью радиолокатора. Только места судна на циркуляции определяются не по пеленгу и расстоянию, а по двум углам. Для этого два на-

блюдателя с секстанами должны одновременно измерять углы в момент подачи команды о повороте, в момент начала поворота и затем через каждые 20—30 сек (в зависимости от натренированности наблюдателей). Одновременно замечаются компасный курс по гирокомпасу и угол крена.

По окончании работ строят кривую циркуляции и определяют элементы циркуляции. Для этого на лист бумаги наносят средний береговой знак, а также крайние знаки по пеленгу и расстоянию от него, снятым с карты, в произвольно выбранном, но достаточно крупном масштабе. После чего протрактором или с помощью кальки

**Схема записей наблюдений при определении элементов циркуляции по двум горизонтальным углам**

Судно \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Район наблюдений \_\_\_\_\_

Использованные для наблюдений объекты \_\_\_\_\_

Состояние моря \_\_\_\_\_ Глубина \_\_\_\_\_ Ветер \_\_\_\_\_

Отстояние форштевня от места наблюдателя \_\_\_\_\_

Отстояние ахтерштевня от места наблюдателя \_\_\_\_\_

№ п/п	Скорость, узлы	Положение руля	Момент	Курс по гироком- пасу	Горизонтальные узлы						Диаметр циркуляции		Полупериод цирку- ляции $T_{360^\circ}$ , мин, сек	Период циркуляции $T_{360^\circ}$ , мин, сек	Угол дрейфа, $\Theta_u^\circ$	Угол крена, град
					$\alpha^\circ$			$\beta^\circ$			Тактический $D_{\text{т.м}}$	установив- шийся $D_{\text{м}}$				
					отсчет секстана	погрешность индекса $i$	угол	отсчёт секстана	погрешность индекса $i$	угол						

наносят места судна в моменты наблюдений и соединяют их плавной кривой. Построив кривую циркуляции, определяют ее диаметр, период циркуляции, угол дрейфа и т. д.

При проведении наблюдений рекомендуется данные вносить в схему записей на стр. 70.

**Определение тактического диаметра циркуляции по створу и горизонтальным углам.** Если судоводителю достаточно определить только тактический диаметр и полупериод циркуляции, то можно воспользоваться следующим способом.

Выбирают для работы такой район, в котором имеется на берегу створ и недалеко от него хорошо видимый предмет, нанесенный на карту (рис. 29). Приготавливают для наблюдений секстан.

Судно ложится на курс, перпендикулярный створу, и развивает необходимую скорость хода. При подходе к створу подается команда «товсь», по которой наблюдатель с секстаном начинает совмещать в поле зрения грубы передний (или задний) створный знак с выбранным предметом. В момент пересечения створа (точка А) подается команда «ноль», по которой судно начинает поворот.

В этот момент пускают секундомер и измеряют горизонтальный угол  $\alpha_1$ . Когда судно придет на обратный курс (точка В), перпендикулярный линии створа, останавливают секундомер и одерживают судно на курсе. В момент пересечения створа на обратном курсе (точка С) наблюдатель с секстаном вторично измеряет горизонтальный угол  $\alpha_2$ .

Затем на карте крупного масштаба находят места судна в моменты пересечения створов по способу пеленга и горизонтального угла. Расстояние между этими точками представит собой тактический диаметр циркуляции.

Схема записей наблюдений приводится ниже.

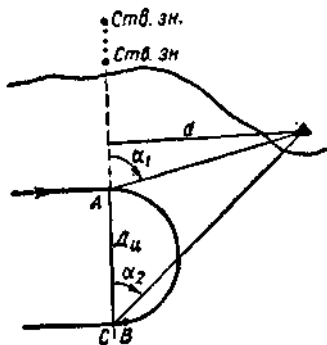


Рис. 29

### Схема записей при определении тактического диаметра циркуляции по створу и горизонтальным углам

Судно \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Район наблюдений \_\_\_\_\_

Использованные для наблюдений объекты \_\_\_\_\_

Направление створа \_\_\_\_\_

Состояние моря \_\_\_\_\_ Глубина \_\_\_\_\_ Ветер \_\_\_\_\_

№ п/п	Скорость, узлы	Положение руля	Момент	Истинный курс	Горизонтальный угол			Тактический диаметр циркуляции $D_{ц}, м$	Полупериод циркуляции $T_{180^\circ}, мин, сек$
					Отсчет секстана	Погрешность индекса $i$	Угол		

Тактический диаметр циркуляции может быть рассчитан также по формуле:

$$D_{ц} = d(ctga_2 - ctga_1), \quad (50)$$

где  $d$  — расстояние от выбранного предмета до линии створа.

Определение элементов циркуляции с использованием шлюпки. Основные элементы циркуляции могут быть с достаточной точностью определены с помощью свободно плавающей шлюпки, с которой производится измерение секстаном вертикальных углов мостика (фокмачты и т. п.) над ватерлинией.

Порядок работ при этом способе следующий.

Судно развивает необходимую скорость хода и ложится на курс с расчетом пройти мимо шлюпки в расстоянии 2—3 *кбт*.

Когда шлюпка окажется на траверзе судна, начинают поворот и запускают секундомер. В этот же момент наблюдатель в шлюпке измеряет вертикальный угол какой-либо части судна, высота которой предварительно определена (мостика, фокмачты и т. п.).



В момент прихода судна на обратный курс секундомер останавливают, и когда шлюпка снова окажется на траверзе судна, с нее второй раз измеряют вертикальный угол той же части судна.

О моментах измерения вертикальных углов наблюдатель на шлюпке должен быть извещен специальным сигналом (отмашка флагом, спуск флага и т. п.).

По окончании наблюдений исправляют отсчеты вертикальных углов поправкой индекса и, зная высоту  $h$  надстройки, по табл. 29 МТ-63 находят расстояние от шлюпки до судна в моменты наблюдений. Если же  $h < 10$  м, то следует расстояния находить по формуле:

$$D_{\text{кбт}} = 18,6 \frac{h_{\text{м}}}{\alpha'} \quad (51)$$

Диаметр циркуляции определится по формуле:

$$D_{\text{ц}} = D_2 - D_1.$$

Запись и обработку наблюдений рекомендуется вести по нижеследующей схеме.

**Схема записей при определении тактического диаметра циркуляции с использованием шлюпки**

Судно \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ Район наблюдений \_\_\_\_\_

Измеряемая часть судна и ее высота \_\_\_\_\_

Состояние моря \_\_\_\_\_ Глубина \_\_\_\_\_ Ветер \_\_\_\_\_

№ п/п	Скорость, узлы	Положение руля	Момент	Вертикальный угол			Расстояние $D_i$ , м	Тактический диаметр циркуляции $D_{\text{ц}}$ , м	Полупериод циркуляции $T_{180^\circ}$ , мин, сек
				Отсчет секстана	Погрешность индекса $i$	Угол			

Рассмотренным способом рекомендуется пользоваться тогда, когда приходится определять элементы циркуляции в открытом море (т. е. при отсутствии береговых

знаков). Для успеха работы при этом способе необходима тихая погода.

**Определение диаметра установившейся циркуляции с помощью лага<sup>1</sup>.** Во время установившейся циркуляции траекторию, которую описывает центр тяжести судна, можно приближенно считать окружностью. Радиус ее вычисляется по формуле:

$$R_{\text{ц}} = 57,3 \frac{S_{\text{л}}}{\alpha^{\circ}} \quad (52)$$

где  $S_{\text{л}}$ , — путь, пройденный судном по окружности за время  $t$ ;

$\alpha^{\circ}$  — изменение курса судна за время  $t$ .

Наблюдения проводят следующим образом. Судно начинает описывать циркуляцию. Через 10—15 сек, после начала циркуляции замечают компасный курс по гирокомпасу  $KKГк_1$ , и отсчет лага  $ол_1$ .

Когда курс изменится на 50—100°, вторично замечают  $KKГк_2$  и  $ол_2$ .

Тогда

$$S_{\text{л}} = \rho \cdot ол \cdot k_{\text{л}} \quad (53)$$

$$\alpha = KKГк_2 - KKГк_1 \quad (54)$$

Если второй отсчет лага  $ол_2$  взять в момент, когда курс судна изменится на 57—58°, то

$$R_{\text{ц}} = S_{\text{л}} = \rho \cdot ол \cdot k_{\text{л}}$$

Пример: 5 мая 1963 г. на УПС «Зенит» при повороте вправо на 180° получили  $S_{\text{л}} = 5 \text{ кбт}$ , влево —  $S_{\text{л}} = 4,8 \text{ кбт}$ . Рассчитать  $D_{\text{ц}}$ .

Решение:

Вправо  $R_{\text{ц}} = (57,3 \cdot 5) / 180 = 1,6 \text{ кбт}$ ,  $D_{\text{ц}} = 2 \cdot R_{\text{ц}} = 3,2 \text{ кбт}$  (из непосредственных наблюдений 3,3 кбт).

Влево  $R_{\text{ц}} = (57,3 \cdot 4,8) / 180 = 1,5 \text{ кбт}$ ,  $D_{\text{ц}} = 2 \cdot R_{\text{ц}} = 3,0 \text{ кбт}$  (из непосредственных наблюдений 3,0 кбт).

<sup>1</sup> Гидравлического или электромеханического

Этот простой способ определения диаметра циркуляции, не требующий каких-либо наблюдений за внешними объектами, следовало бы проверить на всех судах, имеющих гидравлические лаги.

**Определение тактического диаметра циркуляции с помощью «планширного» лага.** Этот способ заключается в следующем. В момент подачи команды на руль запускается секундомер и с носа судна сбрасывается вешка (точка  $M_1$  на рис. 30). После того как судно повернет на обратный курс (точка  $C$ ), останавливают секундомер и одерживают судно на этом курсе.

Когда вешка  $M_1$  окажется на траверзе, сбрасывают вторую вешку  $M_2$ . Расстояние  $M_1M_2$  между сброшенными вешками является тактическим диаметром циркуляции.

Расстояние  $M_1M_2$  можно измерить в длинах судна. Для этого судно должно сделать поворот с расчетом выйти на створ сброшенных вешек. Когда ахтерштевень судна поравняется с вешкой  $M_2$ , с носа судна сбрасывается вешка  $M_3$ .

При прохождении ахтерштевня вешки  $M_3$  с носа сбрасывают (вешку  $M_4$  и т. д. В момент, когда форштевень судна поравняется с вешкой  $M_1$ , замечают положение последней сброшенной вешки по длине судна. Зная длину судна, можно найти затем диаметр циркуляции в метрах и кабельтовых.

Рассмотренный способ является приближенным.

Определение диаметра циркуляции с помощью точных радионавигационных систем. Для определения диаметра циркуляции могут быть применены фазовые радионавигационные системы, например, «Декка» и др. Этот способ широко применяется за рубежом. Сущность его заключается в том, что во время циркуляции периодически (например, через 15—20 сек) снимаются отсчеты со счетчиков-фазометров. По показаниям счетчиков получают обсервованные точки, которые

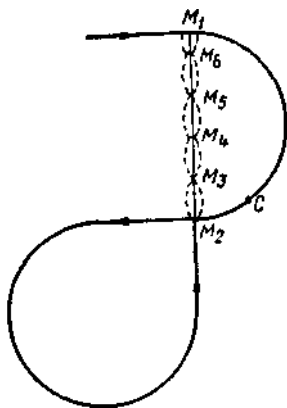


Рис. 30

наносят на карту с сеткой изолиний. По этим точкам вычерчивается кривая циркуляции, с помощью которой определяются необходимые элементы циркуляции.

Кривые циркуляции судна на полном ходу при положении руля  $35^\circ$  правого борта показаны на рис. 31, а, а  $35^\circ$  левого борта — на рис. 31, б.

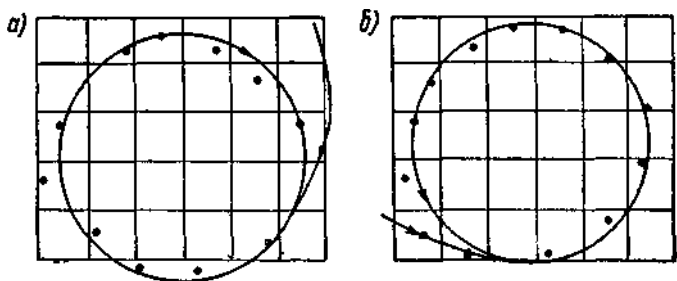


Рис. 31

**Расчет тактического диаметра циркуляции.** **Тактический диаметр циркуляции морского судна может быть определен по приближенной формуле, предложенной В. Л. Поздюниным,**

$$D_{ц} = \frac{L^2 T}{10S} \quad (55)$$

где  $L$  — длина судна, м;  
 $T$  — осадка судна, м;  
 $S$  — площадь пера руля,  $m^2$ .

**Пример.** 7 мая 1963 г. для УПС «Зенит», идущего с полным грузом, имели:  $T_{ср} = 5,3$  м,  $S = 8,2$   $m^2$ ,  $L = 95,5$  м. Найти  $D_{ц}$ .

Решение:

$$D_{ц} = ((95,5)^2 \cdot 5,3) / 10 \cdot 8,2 \approx 3,2 \text{ кбт}$$

Расхождение по сравнению с точным результатом 0,2 кбт.

## ТАБЛИЦА ЦИРКУЛЯЦИИ И ЕЕ РАСЧЕТ

Для учета циркуляции при прокладке на каждом судне должны быть составлены таблицы циркуляции для различных скоростей хода и различных углов перекладки руля (при полной загрузке и в балласте).

Таблицы циркуляции содержат следующие данные:

1) путь поворота  $S_\alpha$  — расстояние, проходимое судном при повороте на угол  $\alpha$ ;

2) время поворота  $t_\alpha$ ;

3) промежуточный курс, характеризуемый величинами  $\alpha/2$  и  $d$ , где  $\alpha/2$  курсовой угол промежуточного плавания,  $d$ —промежуточное плавание (расстояние между точками начала и конца поворота);

4) расстояние до нового курса от точки начала поворота  $d_1$ .

Эти величины рассчитываются по следующим формулам:

или

$$\left. \begin{aligned} S_\alpha &= \frac{\pi R_{\text{ш}}}{180^\circ} \alpha^\circ \\ S_\alpha &= \frac{\pi D_{\text{ш}}}{360^\circ} \alpha^\circ \end{aligned} \right\} \quad (56)$$

Приняв  $\pi \sim 3$ , получим более простые формулы:

$$\left. \begin{aligned} S_{10^\circ} &= \frac{D_{\text{ш}}}{12} \\ S_{30^\circ} &= \frac{D_{\text{ш}}}{4} \\ S_{50^\circ} &= 5 \frac{D_{\text{ш}}}{12} \end{aligned} \right\} \quad (57)$$

и т. д.

Время поворота  $t_\alpha$  находится по формуле

$$t_\alpha = \frac{T_{180^\circ}}{180^\circ} \alpha^\circ \quad (58)$$

Для  $\alpha = 10^\circ$  имеем  $t_{10} = T_{180^\circ} / 18$ , а для  $\alpha = 30^\circ$  имеем  $t_{30} = T_{180^\circ} / 6$

Промежуточное плавание вычисляется по формуле:

$$d = D_{ц} \cdot \sin(\alpha^\circ / 2) \quad (59)$$

получающейся при решении  $\Delta AHO$  (рис. 32).

Расстояние до нового курса  $d_1$  найдется так:

$$d_1 = R_{ц} \cdot \operatorname{tg}(\alpha^\circ / 2) \quad (60)$$

Все вычисленные выше величины заносятся в специальную таблицу. Общепринятая в судовождении форма таблицы циркуляции приводится ниже.

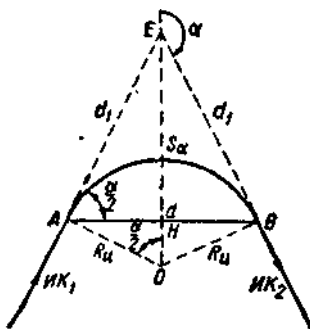


Рис. 32

В МТ—63 приведена табл. 30, в которой для различных радиусов циркуляции (от 1 до 6 *кбт*) даны величины  $S$ ,  $d$  и  $d_1$  для углов поворота от 10 до 180°. Из этой же таблицы для различных значений полупериода циркуляции (от 1 до 10 *мин*) можно выбрать время поворота на данный угол.

Для удобства пользования таблицей циркуляции полезно на каждом судне выбрать из нее данные для радиуса циркуляции и полупериода циркуляции своего

судна и представить их в форме таблицы, как показано ниже.

Для крупнотоннажных судов, у которых кривые циркуляции заметно отличаются от окружностей, строятся специальные диаграммы циркуляции. На рис. 33 изображена диаграмма циркуляции. Точка  $B_0$  соответствует

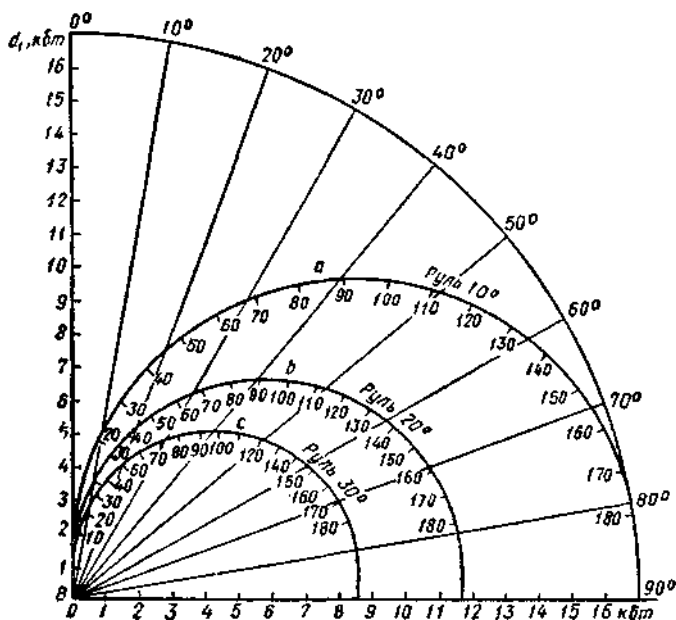


Рис. 33

моменту подачи команды рулевому, кривые *a*, *b* и *c* — кривые циркуляции, соответствующие перекладке руля на  $10^\circ$ ,  $20^\circ$  и  $30^\circ$ . Построение такой диаграммы циркуляции производится на основе экспериментальных данных, которые могут быть получены одним из вышеизложенных способов.

В штурманской рубке вывешивается «Рабочая таблица маневренных элементов», форма которой приведена в приложении.

**Таблица циркуляции при скорости хода 10 узлов**

$D_{ц} = 3 \text{ кбт.}$   $T_{180^\circ} = 3 \text{ мин.}$   $D_{ц} = 4 \text{ кбт.}$   $T_{180^\circ} = 4 \text{ мин}$

Расстояние до нового курса $d_1$ , кбт	Руль 30°		Путь поворота $S$ , кбт	Время поворота $t$ , мин	Угол поворота $\alpha$ , град	Время поворота $t$ , мин	Путь поворота $S$ , кбт	Руль 20°		Расстояние до нового курса $d_1$ , кбт
	Промежуточный курс							Промежуточный курс		
	Длина $d$ , кбт	Курсовой угол $\alpha/2$ , град						Курсовой угол $\alpha/2$ , град	Длина $d$ , кбт	
0,1	0,3	5	0,3	0,2	10	0,2	0,3	5	0,3	0,2
0,4	0,8	15	0,8	0,5	30	0,7	1,0	15	1,0	0,5
0,7	1,3	25	1,3	0,8	50	1,1	1,7	25	1,7	0,9
1,1	1,7	35	1,8	1,2	70	1,5	2,4	35	2,3	1,4
1,5	2,1	45	2,4	1,5	90	2,0	3,1	45	2,8	2,0
2,1	2,5	55	2,9	1 8	110	2,4	3,7	55	3,3	2,9
3,2	2,7	65	3,4	2,2	130	2,9	4,5	65	3,6	4,3
5,6	2,9	75	3,9	2,5	150	3,3	5,2	75	3,9	7,5
—	3,0	85	4,4	2,8	170	3,8	5,9	85	4,0	—
—	3,0	90	4,7	3,0	180	4,0	6,3	90	4,0	—
—	3,0	100	5,2	3,3	200	4,4	7,0	100	3,9	—
—	2,8	110	5,8	3,7	220	4,9	7,7	110	3,8	—
—	2,6	120	6,3	4,0	240	5,3	8,4	120	3,5	—
—	2,3	130	6,8	4,3	260	5,8	9,1	130	3,1	—
—	2,1	135	7,1	4,5	270	6,0	9,4	135	2,8	—
—	1,7	145	7,6	4,8	290	6,4	10,1	145	2,3	—
—	1,3	155	8,1	5,2	310	6,9	10,8	155	1,7	—
—	0,8	165	8,6	5,5	330	7,3	11,5	165	1,0	—
—	0,3	175	9,2	5,8	350	7,8	12,2	175	0,3	—
—	—	—	9,4	6,0	360	8,0	12,6	—	—	—

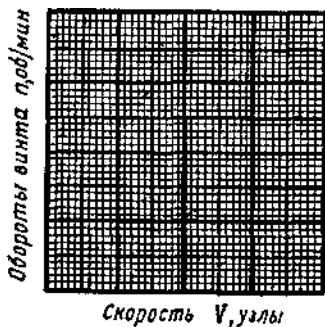


### РАБОЧАЯ ТАБЛИЦА

маневренных элементов п/х, т/х \_\_\_\_\_

#### 1. Таблица и график соответствия скорости хода и оборотов винта

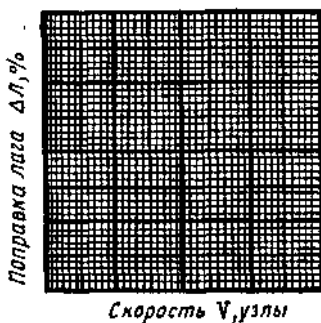
Для судна в полном грузу	
Обороты винта, об/мин	Скорость хода, узлы



Для судна в балласте	
Обороты винта, об/мин	Скорость, узлы

#### 2. Таблица и график поправок лага

Для судна в полном грузу		
Скорость хода, узлы	$\Delta L, \%$	$k_L$



Для судна в балласте		
Скорость хода, узлы	$\Delta L, \%$	$k_L$

### 3. Инерция

Судно в балласте							Режим работы машин до перемены хода	Судно в полном грузу								
Вновь заданный режим работы машин								Вновь заданный режим работы машин								
Передний ход			Стоп	Задний ход				Задний ход			С т о п	Передний ход				
полный	средний	малый		полный	средний	малый		полный	средний	малый		полный	средний	малый		
							Передний ход	Полный								
								Средний								
								Малый								
								Стоп								
							Задний ход	Полный								
								Средний								
								Малый								

Примечание. В таблицу в виде дроби вносятся время и расстояние, пройденное судном по инерции.

#### 4. Поворотливость

Судно в балласте				Ход	Судно в полном грузу			
Лево на борт		Право на борт			Лево на борт		Право на борт	
Тактический диаметр циркуляции $D_{ц}$ , кбт/длины судна	Время поворота на $180^\circ$	Тактический диаметр циркуляции $D_{ц}$ , кбт/длины судна	Время поворота на $180^\circ$		Тактический диаметр циркуляции $D_{ц}$ , кбт/длины судна	Время поворота на $180^\circ$	Тактический диаметр циркуляции $D_{ц}$ , кбт/длины судна	Время поворота на $180^\circ$
				Полный				
				Средний				
				Малый				

## СОДЕРЖАНИЕ

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СКОРОСТЬ СУДНА .....	6
ИСКЛЮЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕЧЕНИЯ ПРИ .....	12
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ХОДА И ПОПРАВКИ ЛАГА НА МЕРНОЙ ЛИНИИ .....	15
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ХОДА И ПОПРАВКИ ЛАГА С ПОМОЩЬЮ РАДИОЛОКАТОРА.....	32
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ХОДА .....	43
ПРОВЕРКА ПОПРАВКИ ЛАГА В УСЛОВИЯХ ПЛАВАНИЯ .....	44
ИНЕРЦИЯ СУДНА И ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ .....	47
ТАБЛИЦА ЦИРКУЛЯЦИИ И ЕЕ РАСЧЕТ .....	77
СОДЕРЖАНИЕ .....	84
ЛИТЕРАТУРА.....	85

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Ю. К., Гамов А. Г. Исследование маневренных элементов и поправки лага УПС «Зенит» с помощью радиолокатора. Научно-технический сборник «Судовождение», вып. 4, М., «Транспорт», 1964.
2. Баранов Ю., Гамов А. Определение циркуляции судна фотографированием экрана радиолокатора. «Морской флот» № 5, 1965.
3. Быков В. И., Никитенко Ю. И. Фазовая радионавигационная система «Декка-Навигатор». «Морской транспорт», М., 1961.
4. Гамов А. Г., Авербах Н. В. Использование радиолокации в судовождении. «Морской транспорт», М., 1960.
5. Гирс И. В. и др. Испытания мореходных качеств судов. «Судостроение», Л., 1965.
6. Лесков М. Определение маневренных и скоростных характеристик судна по другим движущимся судам. «Морской флот» № 7, 1967.
7. П а в л е н к о Г. Е. Соппротивление воды движению судов. «Морской транспорт», М., 1956.
8. Поздюнин В. Л. Избранные труды. Т. II. Энциклопедия судостроения, ч. 1 и 2. М.—Л., «Морской транспорт», 1951.
9. Раховецкий А. Способ определения элементов инерции судна при остановке машины. «Морской флот» № 6, 1967.
10. С е л и в а н о в М. Влияние мелководья на скорость судна и его осадку. «Морской флот» № 12, 1964.
11. Шифрин Л. С. Использование картосчислительной приставки «Пальма» в судовождении. «Морской транспорт», Л., 1960.
12. Шувалов В. По поводу окраски подводной части судов. «Морской флот» № 8, 1962.
13. Ющенко А. П., Лесков М. М. Навигация. «Транспорт», М., 1965.