

* ГЛАВА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СУДНА И ПРОЙДЕННЫХ ИМ РАССТОЯНИЙ

5.1. Единицы длины и скорости, применяемые в судоководении

5.1.1. Единицы длины, применяемые в судоководении

В судоководении в качестве основной единицы длины применяется морская миля (миля).

Мы уже знакомы (см. главу 1.4) с радиусами кривизны земного эллипсоида (M , N , r , R). А произведение любого радиуса кривизны на “ $\text{arc } 1'$ ” равно длине дуги в $1'$ данного сечения.

Для меридианного сечения длина $1'$ меридиана определится по формуле:

$$\Delta l'_{\text{м}} = M \cdot \text{arc } 1' = \frac{a \cdot (1 - e^2) \cdot \text{arc } 1'}{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \varphi)^{3/2}}$$

*ПРДОЛЖЕНИЕ

*или приближенно:

$$* \Delta 1'_{\text{м}} = 1852,23 - 9,34 \cdot \cos 2\varphi$$

*Длина минуты дуги меридиана на каждый градус широты приведена в табл. 2.29 «МТ-2000» (с. 322).

Экваторе ($\varphi = 0^\circ$) - $\Delta 1'_{\text{м}} = 1842,938$ -
Максимальна

Полюсе ($\varphi = 90^\circ$) - $\Delta 1'_{\text{м}} = 1861,597$ -
Максимальна

Разность их = 18,6
($\approx 1\%$ мили).

Формулу (5.1) для удобства можно

записать и так:

$$\Delta 1'_{\text{м}} = a - \text{arc } 1' \cdot [1 - e^2 + \frac{3}{4} e^2 (1 - \cos 2\varphi)]$$

* ПРОДОЛЖЕНИЕ

Использовать в качестве единицы длины переменную величину неудобно, поэтому в 1928 г. Международное гидрографическое бюро приняло международную *стандартную морскую милю*. **1 миля = 1852 м** ($\Delta 1' \text{м}$ для $\varphi = 45^\circ = 1852,228 \text{ м}$).

К этому решению присоединилось большинство стран.

Принимая $1'$ дуги меридиана за постоянную величину (1852 м) тем самым считаем Землю шаром с **$R = 3\,437,747$ мили = $6\,366\,707 \text{ м}$** .

Для напоминания:

С 1791 г. $\rightarrow$ 1 метр = $1/10$ млн. часть четверти парижского меридиана.

С 1960 г. $\rightarrow$ 1 метр = $1\,650\,763,73$ длины волны излучения атома криптона – 86.

Таким образом, *морская миля* $\rightarrow$ единица длины, равная длине одной минуты дуги меридиана земного эллипсоида.

Стандартная морская миля – морская миля постоянной величины.

Для измерения небольших расстояний служит **1 кабельтов (кб.)**, составляющий 0,1 стандартной морской мили.

1 кб. = 185,2 м	1 миля = 10 кб.	1 кб. = 0,1 мили
------------------------	------------------------	-------------------------

*ПРОДОЛЖЕНИЕ

* При использовании некоторых карт, лоций, руководств для плавания и других пособий, особенно зарубежного издания, можно встретить и другие единицы длины:

* *Статутная миля* (Англия) = 8 фарлонгам = 5280 футов = 1609,34 м.

* *Географическая миля* = $1/15$ длины дуги 1° экватора = 7 421,4 м $\approx$ 7 верст.

* *Артиллерийский кабельтов* = 182,88 м = 600 футам.

* *Морская сажень* = 1,83 м = 6 футам = 2 ярдам.

* *Фут* = 30,48 см = 12 дюймам = $1/3$ ярда = $1/6$ м. сажени.

* *1 ярд* = 3 фута = 91,44 см.

* Соотношения между единицами длины даны в табл. 44 «МТ-75» (с. 314) и в табл. Б (с. МТ-2000) (с. 433).

* 5.1.2. Единицы скорости, применяемые в судовождении

- * Вследствие того, что основной единицей измерения расстояний на море является морская миля, скорость судна выражается числом миль, проходимых за 1 час.
- * Единица скорости, равная одной миле в час, получила название - **узел** (уз.)
- * $1 \text{ узел} = 1 \text{ миля/час.}$
- * Из истории происхождения названия «узел» - как единицы скорости:
- * «В эпоху парусного флота скорость судна измерялась по длине выпущенного за борт на ходу судна лаглиня, прикрепленного к деревянному сектору. Измерение скорости производилось за 30 сек. (1/120 часа), поэтому и лаглинь разбивался на части, равные 1/120 части м.мили ($\approx 15,43 \text{ м}$), которые отмечались вплетенными в лаглинь кончиками и узелками. Таким образом, длина «одного узла» должна была быть $6076,1 \text{ фут} / 120 = 50,63 \text{ фута} = 15,43 \text{ м}$. Следовательно, сколько узлов лаглиня вытравлено за борт на ходу судна за 30 сек., столько миль в час и проходит судно».
- * При решении отдельных задач судовождения удобно скорость судна выражать в кабельтовых в минуту (кб/мин).
- * Соотношение между скоростью в узлах и кб/мин определяется выражениями (5.4) и (5.5)

* ПРОДОЛЖЕНИЕ

$$V_{\text{кб./мин}} = V_{\text{уз.}} / 6$$

$$V_{\text{уз.}} = 6 \cdot V_{\text{кб./мин}}$$

Например:

Если $V_{\text{уз.}} = 18 \text{ уз.}$, то $V_{\text{кб./мин}} = 3 \text{ кб./мин}$

Если $V_{\text{кб./мин}} = 5 \text{ кб./мин.}$, то $V_{\text{уз.}} =$

* ПРОДОЛЖЕНИЕ

- * Связь между различными единицами скорости дана в табл. 37 «МТ-75» (с. 308) или в табл. 5.6и «МТ-2000» (с. 427) → см. табл. 5.1.
- * $1 \text{ уз.} = 1,852 \text{ км/час} = 30,8667 \text{ м/мин} = 0,5144 \text{ м/с} = 1 \text{ миля/час.}$
- * $1 \text{ км/час} = 0,54 \text{ уз.} = 16,6667 \text{ м/мин} = 0,2778 \text{ м/с.}$
- * $1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/час} = 60 \text{ м/мин} = 1,9438 \text{ уз.}$
- * Скорость в различных единицах (из табл. 37

* ТАБЛИЦА

Таблица 5.1.

уз.	кб/мин	м/с	м/мин.	км/ч	уз.	кб/мин	м/с	м/мин.	км/ч
1	0,17	0,51	30,9	1,85	26	4,33	13,38	802,5	48,15
2	0,33	1,03	61,7	3,70	27	4,50	13,89	833,4	50,00
3	0,50	1,54	92,6	5,56	28	4,67	14,40	864,3	51,86
4	0,67	2,06	123,5	7,41	29	4,83	14,92	895,1	53,71
5	0,83	2,57	154,3	9,26	30	5,00	15,43	926,0	55,56
6	1,00	3,09	185,2	11,11	31	5,17	15,95	956,9	57,41
7	1,17	3,60	216,1	12,96	32	5,33	16,46	987,7	59,26
8	1,33	4,12	246,9	14,82	33	5,50	16,98	1018,6	61,12
9	1,50	4,63	277,8	16,67	34	5,67	17,49	1049,5	62,97
10	1,67	5,14	308,7	18,52	35	5,83	18,01	1080,3	64,82
11	1,83	5,66	339,5	20,37	36	6,00	18,52	1111,2	66,67
12	2,00	6,17	370,4	22,22	37	6,17	19,03	1142,1	68,52
13	2,17	6,69	401,3	24,08	38	6,33	19,55	1172,9	70,38
14	2,33	7,20	432,1	25,93	39	6,50	20,06	1203,8	72,23
15	2,50	7,72	463,0	27,78	40	6,67	20,58	1234,7	74,08

* 5.2. Принципы измерения скорости судна

- * Скорость хода судна измеряется специальными приборами → *лагами*. В настоящее время на судах используются следующие системы (типы) лагов:
- * **I. Вертушечные лаги** (выпускаемые на лаглине и днищевые).
 - * Частота вращения вертушки пропорциональна скорости хода судна. Коэффициент пропорциональности определяется на испытаниях. Число оборотов вертушки фиксируется на счетчике, указывающем пройденное судном расстояние.
- * **II. Гидродинамические лаги** (ГДЛ).
 - * Приемные устройства этих лагов измеряют давление скоростного напора воды, возникающее при движении судна. На основании измеренной величины давления (разности динамического и статического давлений) в счетно-решающей схеме лага вырабатывается скорость хода судна и пройденное им расстояние. Для измерения разности давлений в этих лагах применяются пружинные (сильфонные) и жидкостные (ртутные) дифференциальные манометры. (ЛГ-25, ЛГ-50, ЛГ-4, ЛГ-6, МЛГ-25, МЛГ-50 и др.).
- * **III. Индукционные лаги** (ИЭЛ).
 - * Принцип работы этих лагов основан на явлении электромагнитной индукции, возникающей при движении морской воды между двумя электродами в переменном магнитном поле. Источником магнитного поля в лаге служит электромагнит, питаемый переменным током. Он заключен в обтекатель, на поверхности которого расположены два измерительных электрода, соприкасающиеся с морской водой. Под воздействием переменного магнитного поля магнита, в воде возникает переменная э.д.с. Амплитуда этой э.д.с. оказывается пропорциональной скорости движения электромагнита, а следовательно, и судна. Измерение сигнала, снимаемого с электродов, осуществляется по компенсационному методу. Если гидродинамические лаги дают устойчивые показания при $V > 3$ уз., то индукционные → практически с 0 уз.
- * **IV. Гидроакустические лаги** (ГАЛ).
 - * Принцип их работы основан на использовании эффекта Доплера. Импульс ультразвуковых колебаний, посылаемых с судна, отражается от грунта и возвращается обратно к судовому приемнику лага. При движении судна частота принятого сигнала будет отличаться от излучаемой в зависимости от скорости хода.

* ПРОДОЛЖЕНИЕ

* ГАЛы измеряют скорость хода судна не относительно воды, как все указанные выше, а относительно грунта и поэтому считаются **абсолютными лагами** (а не **относительными**). Однако устойчивая работа этих лагов возможна при сравнительно небольших **глубинах** моря, но точность их работы очень высокая.

* Лаги всех систем, как и любые другие приборы, не могут давать абсолютно точных показаний, они требуют периодической выверки и регулировки. Та часть погрешности в показаниях лага, которая не может быть скомпенсирована, определяется на «**мерной линии**» и затем учитывается с помощью **поправки лага**.

* **Поправка лага** - величина, равная относительной погрешности, выраженной в процентах $\Delta I = \frac{S_{\text{Л}} - \text{РОЛ}}{\text{РОЛ}} \cdot 100\%$ обратным знаком, т.е.

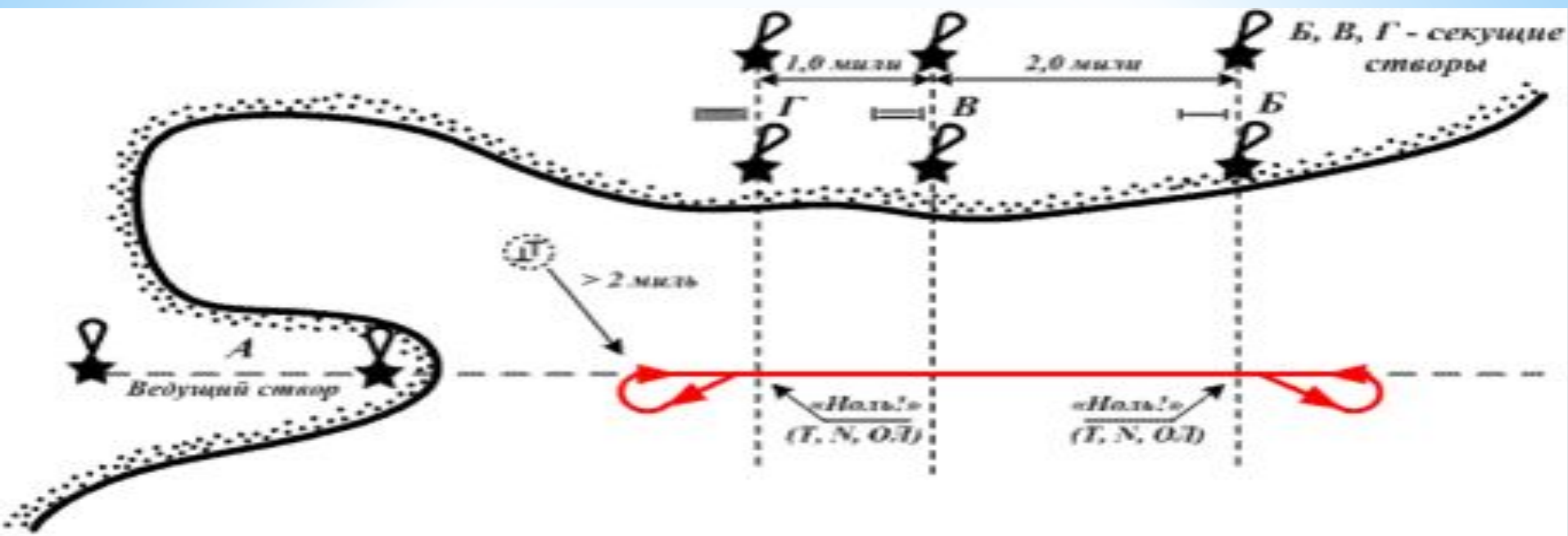
где $S_{\text{Л}}$ – действительное расстояние, пройденное судном;
 РОЛ – расстояние, пройденное судном по счетчику лага ($\text{РОЛ} = \text{ОЛ}_2 - \text{ОЛ}_1$)

$$\Delta I = \frac{V_0 - V_{\text{Л}}}{V_{\text{Л}}} \cdot 100\%$$

* 5.3. Определение скорости судна. Поправка и коэффициент лага

- * Скорость судна или корабля (V) и поправки их лагов ($\Delta L\%$) определяются различными способами:
- * на визуальной мерной линии;
- * с помощью судовой РЛС;
- * с помощью РНС высокой точности;
- * на кабельной мерной линии и др.
- * Все способы определения V и $\Delta L\%$ различаются между собой только методикой получения истинного расстояния (S), необходимого для расчета истинной скорости хода судна (V_0) → см. рис. 5.4, 5.5, 5.6.
- * Рассмотрим один из способов → определение скорости хода судна (V) и его поправки лага ($\Delta L\%$) на визуальной мерной линии.
- * **Визуальная мерная линия** → специально оборудованный полигон для проведения скоростных испытаний судов.
- * Такой полигон должен отвечать следующим требованиям:
- * - располагаться в стороне от путей движения кораблей и судов;
- * - быть свободным от навигационных опасностей (> 2 миль) и укрытым от ветра и волны;
- * - должен обеспечивать свободу маневра ($V \leq 36$ уз. → $L = 3$ мили; $V \leq 24$ уз. → $L = 2$ мили и $V \leq 12$ уз. → $L = 1$ миле);
- * - иметь возможность обеспечить требуемую точность определения места и безопасность плавания;
- * - иметь глубины, исключаящие влияние мелководья на скорость хода судна (при осадке в 5 м

* Рис. 5.1. Визуальная мерная линия



Визуальная мерная линия оборудуется секущими (Б, В, Г) створами (не < 2 -х), направление которых перпендикулярно линии пробега судна (рис. 5.1), а расстояние между створами измерено с высокой точностью.

Некоторые мерные линии оборудуются ведущим створом, по которому направляется линия пробега судна (А).

Методика определения скорости хода (V) и поправки лага ($\Delta L\%$) сводится к следующему:

1) $\rightarrow$ судно, на установившемся режиме работы двигателей, т.е. при постоянном числе оборотов двигателей (винтов), делает пробег по ведущему створу А. (При отсутствии ведущего створа, курс на пробеге удерживается перпендикулярным направлению секущих створов Б, В, Г).

При пересечении линии Г секущего створа (Б) по команде «Ноль!» включаются секундомеры наблюдателей и снимается счетчик лага (ОЛ) и считывается суммарное количество оборотов двигателей (n).

Примем Землю за шар с объёмом Земного эллипсоида.

1' дуги меридиана = 1 миля = 1852,3 м

Округлённо до 1852м

Принято в России,
Германии, Испании, США

Англия, Япония = 1853,18 м
Италия = 1851,85 м

Измерения показали

На экваторе = 1842,9 м
На широте 45° = 1852,2 м
На полюсе = 1862,8 м

Удобно!!!

Мера длины и угловая мера
одновременно

Разность широт в минутах

$\Delta\phi$ (минуты) = мили

Разность долгот Нельзя

$\Delta\lambda \neq$ мили

Отшество

Можно

ОТШ = $\Delta\lambda \cdot \cos(\phi)$ миль

Другие единицы длины

Морская миля (миля, М), 1М = 1852м = 10 кбт

Кабельтов (кбт, каб), 1кбт = 1/10 мили = 185,2м

Метр (м), для измерения высот, глубин

Применялись раньше

Фут (фут), 1 фут = 0,3048 м, для высот, глубин

Ярд (ярд), 1 ярд = 3 фут, для малых расстояний

Морская сажень = 6 фут, для глубин

Скорость
V- узлы $1 \text{ узел} = \frac{1 \text{ миля}}{1 \text{ час}} = \frac{1852,3 \text{ м}}{3600 \text{ с}}$

$$V = \frac{60 \cdot S}{\Delta T_{\text{мин}}} \quad S = V \cdot \frac{\Delta T_{\text{мин}}}{60}$$

$$V_{\text{кбт/мин}} = \frac{V_{\text{уз}}}{6} \quad V_{\text{м/с}} = \frac{1}{2} V_{\text{уз}}$$

На скорость влияют: осадка, ветер, крен, дифферент, мелководье, обрастание и т.д.

Лаги Приборы для измерения скорости и пройденного расстояния

Абсолютные. Скорость относительно грунта при небольшой глубине

1. Гидроакустический доплеровский
2. Гидроакустический корреляционный

Относительные. Скорость относительно воды

1. Гидродинамический (устаревший)
2. Индукционный (не работает в пресной воде)

$\Delta L\%$ -

Поправка лага

Получена

измерениями

и расчётами для разных значений скорости на мерной миле. При изменении скорости, меняется.

ОЛ – отсчёт лага, показание лага в момент времени T

РОЛ – разность отсчётов лага

Коэффициент лага

$$K_L = 1 + \frac{\Delta L}{100\%}$$

Расчёт расстояния по показаниям лага