

БИБЛИОТЕКА СУДОВОДИТЕЛЯ



В.А. Корнараки

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДОВ

ББК 39.471.9

К67

УДК 656.615.071.7:627.942

Корнараки В. А.

К67 Маневрирование судов. –М.: Транспорт, 1979. –128 с.
(Б–чка судоводителя). В обл. 35 кол.

В настоящей книге рассмотрены: вопросы маневрирования судна при якорных и швартовных операциях, при плавании в узкости и на мелководье; маневрирование судов с целью безопасного расхождения, согласно действующим Международным правилам предупреждения столкновений судов в море (МППСС—72); маневрирование в условиях ограниченной видимости с использованием судовой радиолокационной станции; особенности маневрирования судов, оборудованных различными движительными комплексами. Освещены вопросы повышения маневренности судна. Приведены многочисленные практические схемы маневров судов.

Книга предназначена для судоводителей транспортного и рыболовного флота, лоцманов, как пособие в вопросах маневрирования судна в сложных условиях плавания.

Ил. 52, табл. 2.

ББК39.471.9

К67

© Издательство «Транспорт», 1979

К 31806-236

049(01)-79

236-79. 3605040000

1. МАНЕВРЕННОСТЬ СУДНА

Маневрирование — изменение направления движения судов и их скоростей под действием руля, движителей и других устройств, подчиненное определенной цели: для безопасного расхождения либо сближения с объектом; при плавании в стесненной обстановке, в условиях ограниченной видимости; при швартовных и якорных операциях.

Основные принципы маневрирования являются общими для всех судов, однако управление при маневрировании каждым судном имеет свои особенности и может существенно отличаться от других судов. Сходными ходовыми качествами обладают, как правило, суда одной серии.

Маневренность — совокупность навигационных качеств судна, обеспечивающих его перемещение в заданном направлении с требуемой скоростью. Основными ходовыми (маневренными) качествами судна, характеризующими его способность развивать и поддерживать режим движения или изменять его, являются ходкость судна и его управляемость.

ХОДКОСТЬ

Ходкость — способность судна преодолевать сопротивление воды и перемещаться с заданной скоростью под действием приложенной к судну движущей силы, которую создает и непрерывно поддерживает комплекс двигатель — движитель.

Поступательное движение судна под действием движущей силы выражается:

$$P = m \frac{dV}{dt} + R$$

где P — движущая сила, Н;

m — масса судна с учетом присоединенной массы воды, кг;

$\frac{dV}{dt}$ — линейное ускорение, в направлении оси x , м/с²;

R — сила сопротивления движению судна, Н.

Когда на судно (начинает действовать движущая сила, возникает противоположная по действию и численно равная ей сила реакции воды и воздуха — сила сопротивления движению судна.

При равномерном прямолинейном движении судна, когда инерционная составляющая сопротивления движению судна равна нулю, движущая сила P_d численно равна и прямо противоположна силе сопротивления ($R_{\text{общ}}$):

$$P_d = - R_{\text{общ}}$$

Мощность, необходимая для преодоления силы сопротивления и буксировки судна со скоростью V , называется эффективной буксировочной мощностью (N_{σ}):

$$N_{\sigma} = RV$$

где R — сопротивление воды движению судна, Н;

V — скорость судна, м/с.

Мощность судовой энергетической установки (СЭУ) N_e превышает буксировочную вследствие неизбежных потерь мощности в комплексе главный двигатель — валопровод — корпус судна — движитель. Величина этих потерь характеризуется К.П.Д. каждого звена или одним общим пропульсивным коэффициентом, учитывающим потери мощности в этом комплексе.

Пропульсивный коэффициент численно равен отношению буксировочной мощности к эффективной мощности СЭУ:

$$\eta = \frac{N_{\sigma}}{N_e}$$

Мощность СЭУ, затрачиваемая на частоту вращения гребного винта, и сопротивление среды R движению судна со скоростью V связаны следующей зависимостью:

$$N_e = \frac{RV}{\eta}$$

У современных судов значение $\eta = 0,65 \div 0,80$ для одновинтовых и

$\eta=0,60\div0,70$ для двухвинтовых судов зависит главным образом от типа двигателя или движителя, их технического состояния, от режима их работы, а также от обводов корпуса судна.

Общее сопротивление движению судна R зависит от главных размерений судна и их соотношений, формы корпуса и осадки, площади палубных надстроек, сопротивления внешней среды, скорости судна. При расчете сопротивления движущегося в потоке жидкости судна применяются критерии динамического подобия жидкости:

— число Фруда (Fr) как характеристика относительной скорости судна и мера его быстроходности:

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gL}}.$$

число Рейнольдса (Re)—критерий подобия сил вязкости в жидкости, также характеризующий относительную скорость судна:

$$R_e = \frac{VL}{\nu},$$

где g — ускорение силы тяжести, $9,81 \text{ м/с}^2$;

L — длина судна, м;

ν — коэффициент кинематической вязкости воды, $\text{м}^2/\text{с}$.

Между критериями относительной скорости судна Re и Fr существует зависимость:

$$R_e = F_r \frac{\sqrt{gL^3}}{\nu}$$

Полное сопротивление R при установившемся движении судна равно сумме сопротивлений трения, волнового, формы, выступающих частей и воздушного:

$$R=R_T+R_{\text{ВОЛН}}+R_{\text{Ф}}+R_{\text{В.Ч}}+R_{\text{В}}$$

или

$$R = \xi \frac{\rho V_2^2}{2} \Omega$$

где ξ — гидродинамический коэффициент полного сопротивления, являющийся сложной, функцией чисел Fr и Re;

$\frac{\rho V_2^2}{2}$ — скоростной напор, зависящий от плотности воды ρ и

квадрата скорости движения судна;

Ω — площадь смоченной поверхности корпуса судна, м^2 .

Физически полное сопротивление P равно усилию на буксирном тросе при буксировке судна со скоростью V .

Ходкость судна характеризуется его скоростью, инерцией и дальностью плавания.

Скорость судна — величина, характеризующая его движение:

$$V = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}$$

где S — путь;

t — время.

Скорость судна — одна из важнейших характеристик; его маневренных качеств. От точности учета скорости во многом зависит успех выполнения намеченного маневра.

Под термином «скорость судна» понимается проекция вектора скорости движения судна на направление, параллельное его диаметральной плоскости (ДП).

Ход судна характеризуется направлением и скоростью его движения.

Скорость судна имеет несколько ступеней: самый малый ход, малый ход, средний ход, полный ход, самый полный ход.

Полный ход соответствует 100% технической скорости судна ($V_{\text{ном}}$ — номинальная), средний — 70–75%, полного хода, малый — 40–45% полного хода, самый малый — 20–30% полного хода, самый полный ход — 110–120% номинальной мощности полного хода. Самый полный ход вперед или назад дается в течение непродолжительного промежутка времени только в крайних случаях, когда это требует обстановка.

При работе двигателя на самый полный ход используется аварийный запас его мощности и допускается кратковременная перегрузка главных двигателей.

Эффективность одних и тех же ступеней переднего и заднего хода неодинакова, так как обводы корпуса судна рассчитаны на его движение вперед; конструкция движителей также рассчитана на наибольшую эффективность на переднем ходу. Поэтому при одинаковой частоте вращения гребного винта эффективность заднего хода судна примерно на одну ступень ниже, чем переднего (скорость хода на полном заднем ходу соответствует скорости на среднем переднем и т.д.).

Наибольшую скорость судно развивает, когда частота вращения гребных винтов достигает максимально допустимого предела за период времени, достаточный для полного его разгона.

Наименьшая скорость при минимально допустимой частоте вращения гребных винтов, достаточной для того, чтобы судно не теряло способности управляться с помощью руля: $V_{\text{мин}} = (0,10 \div 0,20) V_{\text{ном}}$.

Скорость судна определяется при испытаниях на мерной линии при заданном режиме работы. Однако при постоянном режиме работы скорость судна может изменяться в значительных пределах, так как на его маневренные качества и, в частности, на его скорость оказывает влияние ряд факторов: водоизмещение, осадка, наличие дифферента и крена, обрастание корпуса, величина запаса воды под килем, а также гидрометеорологические условия.

Потери в скорости зависят от силы ветра, волнения, течения и курса судна относительно этих факторов.

При испытаниях на мерной линии и для исключения влияния внешних факторов судно совершает пробег в прямом и обратном направлениях, в результате чего рассчитывают среднюю скорость судна и среднюю частоту вращения его винта для этой скорости.

Чтобы исключить погрешности при определении скорости судна, необходимо соблюдать следующие условия:

— глубина при данной осадке должна быть достаточно большой, чтобы

ИСКЛЮЧИТЬ ВЛИЯНИЕ МЕЛКОВОДЬЯ,

$$H > 4\sqrt{BT} \text{ и } H > 0,35V^2$$

где H — глубина, м;

B — ширина судна, м;

T — осадка, м;

V — скорость судна, уз;

ветер должен быть не более 5,2 м/с;

высота волны — не более 0,75 м.

Скорость судна, буксировочная мощность и частота вращения винта при заданных режимах работы определяются в процессе испытаний судна. По полученным данным рассчитывают табл. 1 и строят графики (рис. 1, а, б).

Таблица 1

Режим движения	Мощность, кВт	Судно в балласте		Судно в грузу	
		Частота вращения винта, об/мин	Скорость судна, уз	Частота вращения винта, об/мин	Скорость судна, уз.
СМПХ	6000	20	4,3	20	3,7
		30	6,0	30	5,7
		40	8,7	40	7,5
МПХ	8000	50	10,8 1	50	9,5
		60	3,2	60	11,3
		70	15,3	70	13,4
СПХ	14000	80	17,1	80	15,0
		90	18,8	90	16,5
ППХ	20000	100	20,0	100	18,0
СППХ	23000	ПО	21,0	ПО	19,0

Графики строят в прямоугольной системе координат в основном для двух положений судна — в грузу и в, балласте, а также для загрузки, характерной для данного судна.

Фактическая скорость движения судна при неизменных мощности механизмов и частоте вращения винта может меняться в широких пределах в зависимости от условий плавания. Скорость судна падает при плавании на мелководье, в узкости, в штормовых условиях, во льдах.

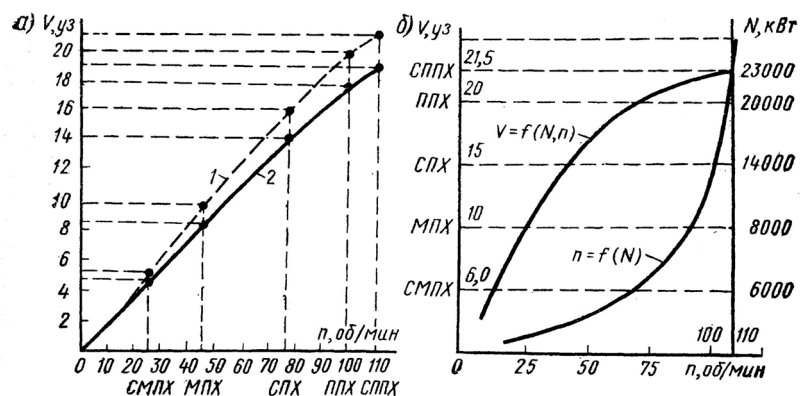


Рис. 1. Графики параметров движения судна;

а — соответствие скорости судна частоте вращения винта; б — соответствие скорости судна мощности главных двигателей; 1 — судно в балласте; 2 — судно в грузу; СМЛХ — самый малый передний ход; МПХ — малый передний ход; СПХ — средний передний ход; ППХ — полный передний ход; СППХ — самый полный передний ход

Выполнение маневров при швартовных и якорных операциях, при расхождении судов, при плавании в стесненных водах и в условиях ограниченной видимости осуществляется при работе главных двигателей в маневренном режиме, который наиболее благоприятен для реверсирования двигателя, изменения скорости и направления движения судна.

Маневренная скорость судна на всех ступенях хода на 20–30% меньше соответствующей его технической скорости; пропорционально уменьшается и частота вращения гребного винта.

Для определения быстроходности судна применяется число Фруда $F_r = \frac{V}{\sqrt{gL}}$ как характеристика относительной скорости (условно) ($F_r \leq 0,25$ для тихоходных судов; $F_r \approx 0,25 \div 0,40$ для судов средней быстроходности; $F_r > 0,40$ — для быстроходных).

ИНЕРЦИЯ

Инерция — одно из важнейших маневренных качеств судна — свойство сохранять неизменным свое движение (при отсутствии внешних воздействий (либо при воздействии взаимно уравновешенных сил), а при

приложения силы изменять характер своего движения постепенно, т.е. приобретать конечные ускорения.

Из уравнения движения судна $m \frac{dV}{dt} + R = P$ видно, что масса судна и приращения скорости, определяют его инерционные свойства — способность судна развивать или гасить свою инерцию за какой-то промежуток времени.

При $P > R$ движение судна будет ускоренным, при $P = R$ — равномерно установившимся, при $P < R$ — замедленным.

Торможение происходит за счет изменения движущей силы P (уменьшения частоты вращения винта) или увеличения силы сопротивления R (усиления ветра, волнения).

Процесс ускорения или замедления будет продолжаться до тех пор, пока силы, действующие на судно, не уравновесятся — движение станет установившимся, либо силы прекратят свое действие — судно остановится. Падение скорости при торможении происходит почти линейно.

Важнейшими элементами инерции являются время t и расстояние S , необходимые судну для его остановки или приобретения другой заданной скорости после изменения или прекращения работы движителя. Элементы инерции обычно определяются опытным путем. При этом должны быть благоприятные условия погоды; местоположение судна следует определять наиболее точными навигационными способами либо с помощью радионавигационных (фазовых) систем.

Факторы, влияющие на инерционные характеристики судна, — начальная скорость движения, загрузка, крен и дифферент, тип и мощность судовой установки, глубина места, гидрометеорологические факторы.

Процесс торможения судна от исходной скорости до остановки состоит из трех периодов: предварительного, пассивного и активного торможения.

Предварительный период — это период с момента подачи команды о начале торможения до начала падения частоты вращения винта.

Пассивное торможение — движение судна со сброшенной нагрузкой

главного двигателя.

Активное торможение — это период с момента начала вращения винта на задний ход до полной остановки судна.

Параметры инерции — тормозной путь и время торможения — зависят в основном от начальной скорости судна, его водоизмещения, силы упора винта при работе движителя на задний ход, от влияния внешних сил — ветра, волнения, течения.

Инерционные характеристики определяются опытным путем для каждого судна либо для серии судов (рис. 2)

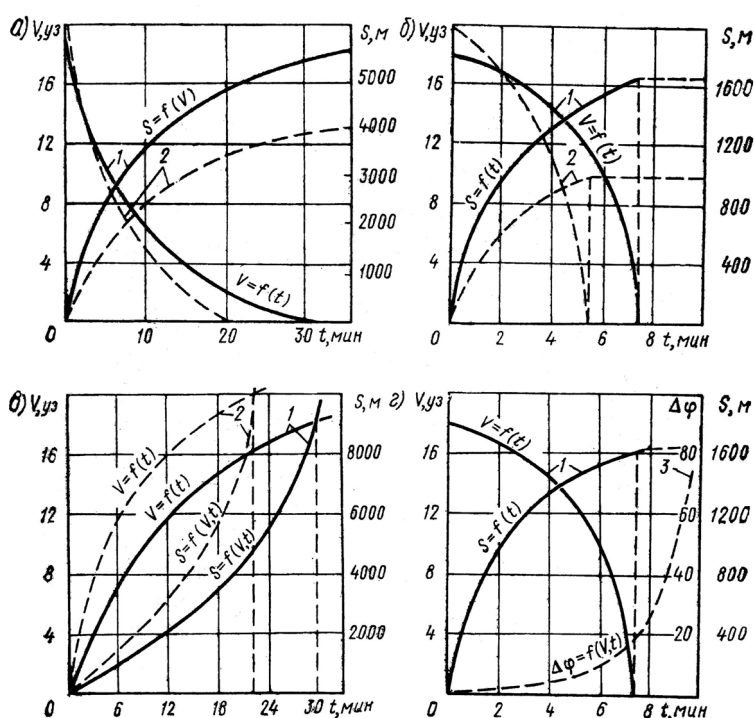


Рис. 2. Графики инерционно свободное торможение судна;

а — свободное торможение судна; б — торможение судна с полного хода вперед на полный назад; в — разгон судна; г — падение скорости, путь и изменение курса судна при торможении с полного хода вперед на полный назад; 1 — в грузу; 2 — в балласте; 3 — изменение курса судна при торможении ($\Delta\phi$ ср.); V — скорость судна; S — тормозной путь

При расчете тормозного пути необходимо учитывать дополнительное сопротивление движению судна, которое создает гребной винт и отклоненный от прямого положения руль.

Сопротивление гребного винта зависит от его размеров, количества

лопастей и от скорости судна. Сопротивление винта со свободной частотой вращения составляет приблизительно 0,3 от сопротивления застопоренного.

Сопротивление руля пропорционально углу перекладки руля, его площади и скорости встречного потока.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНЕРЦИОННО-ТОРМОЗНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУДНА

Определение инерционно-тормозных характеристик судна можно выполнить по одному натурному наблюдению по методу С.И.Демина. Натурные наблюдения выполняются обычным порядком: определяются время торможения судна $t_{ост}$ от начальной скорости V_H до полной остановки и тормозной путь, пройденный судном. По времени торможения определяется сила упора винта, работающего на задний ход, а по ней рассчитываются время торможения и тормозной путь для любой начальной скорости судна.

Инерционно-тормозные характеристики судна являются исходными данными для построения диаграммы:

- по начальной скорости и времени пассивного торможения судна — пройденный путь и падение скорости судна;
- по начальной скорости и времени активного торможения — тормозной путь от момента начала работы винта на задний ход до полной остановки судна;
- по известному тормозному шути — сила упора винта при работе на задний ход.

Расчет инерции судна может быть также выполнен с помощью универсальной таблицы инерции судна М.М.Лескова.

Эта таблица позволяет решить ряд задач маневрирования и определить инерционно-тормозные параметры:

- скорость хода для расхождения с судном на заданном расстоянии;
- кратчайшую дистанцию расхождения при следовании с

определенной скоростью;

- время падения скорости судна до определенного значения;
- скорость хода, при которой тормозной путь будет иметь заданную величину.

УПРАВЛЯЕМОСТЬ

Управляемость — мореходное качество судна, позволяющее ему двигаться по заданной траектории либо менять направление движения.

Управляемость — одно из важнейших качеств судна, определяющих безопасность его плавания, а также эксплуатационные возможности.

Главные свойства управляемости — устойчивость судна на курсе и его поворотливость — противоречивы по своему характеру.

Наличие руля ослабляет это противоречие и делает судно управляемым, т.е. судно реагирует определенным образом на перекадку руля и перемещается по заданной траектории либо прямолинейно, либо по кривой.

Показателями устойчивости судна на курсе являются частота и средний угол перекадки руля, а также период и средний угол отклонения диаметральной плоскости от заданного курса — угол рыскания судна.

Показателем поворотливости судна является относительный диаметр циркуляции (диаметр циркуляции, выраженный в длинах судна).

Устойчивость на курсе и поворотливость судна зависят от взаимного расположения центра тяжести судна, точки приложения движущих судно сил и точки приложения сил сопротивления движению судна.

Взаимное расположение этих точек меняется с изменением многих факторов. Центр тяжести перемещается по длине и высоте судна при изменении расположения груза в трюмах и на палубе, т.е. при изменении осадки, крена и дифферента судна. Так, при концентрации груза в средней части судна его поворотливость улучшается; при крене судно уваливает в сторону возвышенного борта, где гидродинамическое сопротивление корпуса меньше.

Точка приложения движущих судно сил меняет свое положение с

изменением режима работы движителя, под воздействием гидродинамических сил, усилий буксирных тросов.

Ось вращения судна проходит через центр сил сопротивления движению. Точка приложения сил сопротивления перемещается с изменением действия всех упомянутых факторов, но главное воздействие оказывает изменение движения судна: на переднем ходу центр сил сопротивления располагается ближе к носовой части судна, при движении назад — ближе к корме, что существенно влияет на поворотливость судна; момент сил, разворачивающих судно при движении его вперед, значительно больше, чем при движении назад.

Управляемость оценивается способностью судна выходить из циркуляции обоих направлений с помощью руля.

Практически оценка управляемости судна при различных режимах работы движителя может быть осуществлена путем определения степени реакции судна на перекладку руля в различные положения, а также учета периодов и углов рыскания судна.

Управляемость на заднем ходу оценивается способностью судна выходить из циркуляции обоих направлений с помощью руля, переложенного на противоположный повороту борт, и способностью перемещаться прямолинейно назад с помощью руля.

При движении крупнотоннажного судна в стесненной обстановке, а также при его маневрировании для расхождения с судами, при швартовных операциях возникает необходимость в точном измерении его элементов движения: поступательной (начиная с сотых долей метра в секунду) и угловой скоростей, а также в автоматическом измерении дистанции до объекта либо до причала.

Выполнение этой задачи обеспечивают швартовные навигационные системы, работающие в воздушной и водной среде:

- радиолокационные доплеровские импульсные;
- оптические лазерные.

Одна из таких систем — радиолокационная доплеровская станция «Истра» — работает на принципе измерения разности частот излучаемого и отраженного сигналов. Она обладает исключительно высокой степенью точности и позволяет измерять предельно малые скорости судна, скорость движения его частей отдельно носа и кормы.

Оптические лазерные дальномеры, установленные на причале, позволяют определить дистанцию до уголкового отражателя, имеющихся в носовой и кормовой частях судна, и вычислить с большой точностью параметры движения для расчетного маневра судна.

Определение устойчивости на курсе и поворотливости судна.
Степень устойчивости судна на курсе и скорость его поворота при различных положениях руля и режимах работы главного двигателя можно установить посредством пробега судна по спирали (рис. 3).

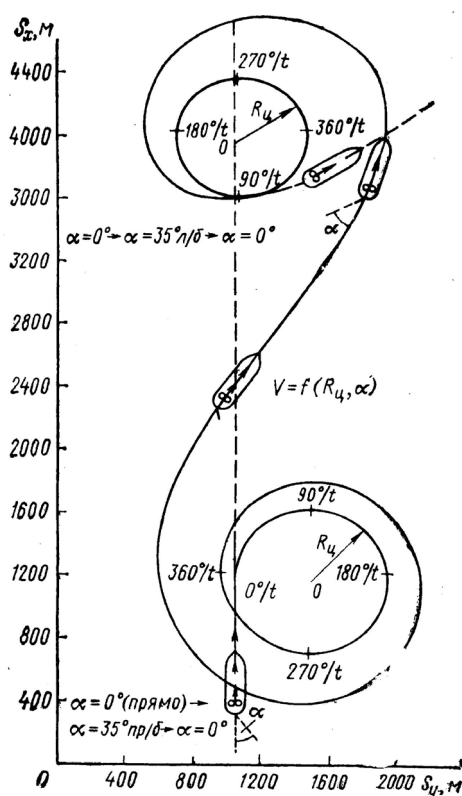


Рис. 3. Траектория движения судна по спирали

В начале испытаний судно движется прямо по курсу ($\alpha=0^\circ$) с определенной скоростью. Установив частоту вращения винта для данной

скорости, а также мощность двигателя, перекладкой руля на борт ($\alpha=35^\circ$ пр/б) вводят судно в циркуляцию. Когда угловая скорость поворота стабилизируется, ее определяют по компасу и секундомеру при данном режиме работы главного двигателя и заданном отклонении руля. Затем через интервалы $10-5^\circ$ изменяют угол перекладки руля и выполняют поворот судна на противоположный борт.

Траектория судна на спирали, соответствующая полному циклу наблюдений, позволяет получить значения угловой скорости, время t и радиус циркуляции $R_{ц}$ при определенных режимах работы главного двигателя и различных (заданных) углах перекладки руля (α).

Управляемость в значительной степени зависит от погодных условий плавания. Ветер, волнение и течение оказывают влияние на элементы горизонтального перемещения судна — вызывают его смещение с курса (снос) под действием аэродинамических сил судно стремится развернуться на ветер либо увалить под ветер.

Перекладка руля на более или менее значительный угол должна обеспечивать устойчивость судна на курсе и перемещение его по заданной траектории.

Движение судна вообще и в частности при маневрировании характеризуется скоростью поступательного движения его центра тяжести и угловой скоростью поворота. Перемещение судна в каждый момент можно рассматривать как вращение его в горизонтальной плоскости вокруг точки, расположенной не обязательно внутри корпуса судна, которая называется мгновенным центром вращения.

При поступательном движении судна мгновенный центр вращения находится в бесконечности и угловая скорость вращения равна нулю; при вращательном движении мгновенный центр вращения совпадает с центром тяжести судна и скорость поступательного движения равна нулю.

В частности, при циркуляции судно движется с установившимися линейной и угловой скоростями и мгновенный центр вращения совпадает с

центром окружности, описанной судном.

При поступательном движении все точки судна перемещаются с одинаковой линейной скоростью, а при повороте линейная скорость движения различных точек неодинакова и будет тем больше, чем дальше точка отстоит от центра вращения (рис. 4).

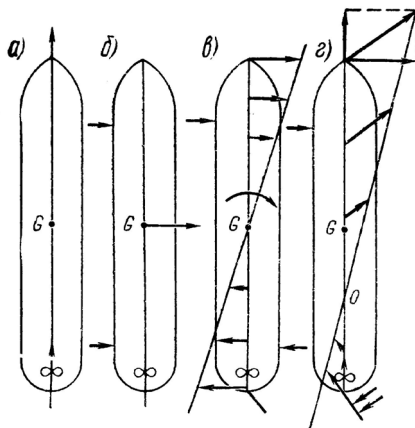


Рис. 4. Элементарное движение судна:

а - вперед; б - боком; в – вращательное движение; г — комбинированное движение

Маневрирование судном в стесненной обстановке при быстро меняющейся ситуации требует точного расчета элементов поступательного и вращательного движений и обеспечения движения различных точек судна по заданной траектории с определенной линейной и угловой скоростью. Величина поворота и время отклонения судна от первоначального курса определяют угловую скорость поворота.

Поворот судна на циркуляции можно выполнить с помощью рулевого устройства (руль, поворотная насадка) только при наличии хода, либо с помощью движительно-рулевых устройств, способных менять направление тяги (крыльчатые движители, поворотно-винтовые колонки, отдельные поворотные насадки, активные рули), для которых наличие хода не обязательно.

На двухвинтовом судне поворот можно совершить работой винтов враздрай.

ЦИРКУЛЯЦИЯ

При прямолинейном движении система сил — движущих сил и сил сопротивления движению, действующих на судно, находится в равновесии; отклонение от этого равновесия стабилизируется перекладкой руля на противоположный смещению борт судна на определенные углы по балансировочной характеристике движения судна, выражающей зависимость между углами перекладки руля и углами дрейфа.

Под действием руля, выведенного из прямого положения на некоторый угол α , центр тяжести судна G описывает криволинейную траекторию — циркуляцию определенным радиусом $R_{Ц}$, величина которого обратно пропорциональна углу перекладки руля и зависит от скорости судна (рис. 5).

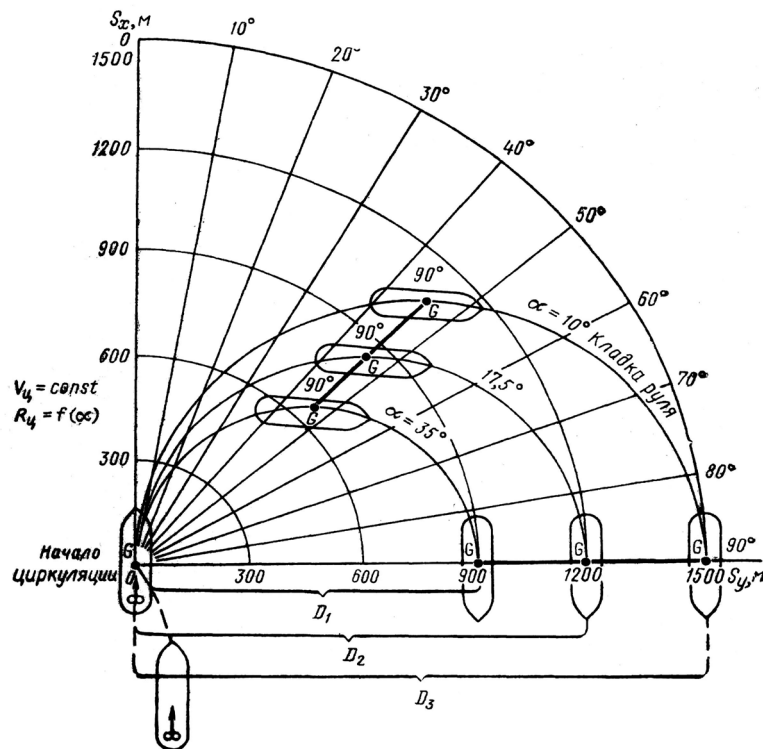


Рис. 5. Циркуляция судна

В зависимости от характера сил, действующих на судно в процессе циркуляции, различают три периода: маневренный, эволюционный и установившейся циркуляции.

Маневренный период по времени совпадает с продолжительностью перекладки руля.

Эволюционный период начинается с момента окончания перекладки руля до момента, когда элементы движения перестанут изменяться во времени — примут установившийся характер.

Период установившейся циркуляции, когда центр тяжести судна движется по замкнутой кривой (по окружности); параметры движения неизменны.

При движении судна на циркуляции все его точки движутся по криволинейным траекториям.

В начале циркуляции на руль, выведенный из прямого положения, действует гидродинамическая сила, одна из составляющих которой направлена нормально к диаметральной плоскости судна и вызывает его дрейф (боковое смещение) с углом β .

Под действием тяги винта и боковой силы судно движется вперед и смещается в сторону, противоположную перекладке руля, из-за чего наряду с дрейфом возникает обратное смещение — смещение судна в сторону, противоположную направлению поворота, в результате чего траектория циркуляции центра тяжести судна искажается. Обратное смещение затухает по мере возрастания центробежной силы инерции, приложенной к центру тяжести судна и направленной во внешнюю сторону поворота.

Обратное смещение обычно не превышает полуширины судна, но в связи с тем, что оно выносит судно за внешнюю сторону циркуляции, это смещение нужно особо учитывать при маневрировании в условиях стесненной обстановки.

Установившаяся циркуляция наступает с окончанием эволюционного периода. В этот момент вследствие асимметричности обтекания корпуса массами воды в противовес центробежной силе возникает противодействующая ей сила гидродинамической реакции воды на боковое смещение судна, которая уравнивает поперечную составляющую центробежной силы. Эта пара сил создает постоянный крен.

В установившийся период циркуляции моменты сил, действующих на руль и корпус судна, уравниваются и судно совершает движение по

кругу с постоянными параметрами: линейной и угловой скоростями и радиусом циркуляции, неизменными углом дрейфа и креном. Нарушение постоянства параметров движения судна может произойти с изменением угла перекладки руля, скорости судна либо под воздействием внешних сил — ветра, волнения.

Параметры движения судна на циркуляции. Движение судна на циркуляции приведено на рис. 6:

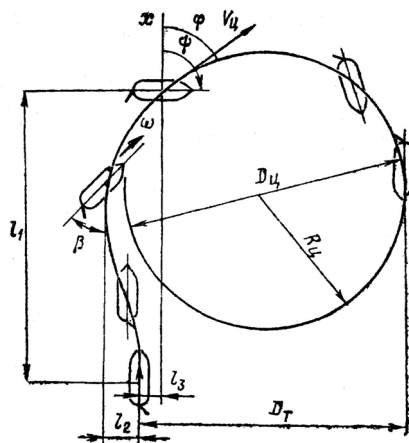


Рис. 6. Элементы движения судна на циркуляции

$D_{ц}$ — диаметр установившейся циркуляции;

$R_{ц}$ — радиус циркуляции;

D_T — тактический диаметр циркуляции — расстояние между ДП судна в момент перекладки руля и после поворота на 180° ; $D_T=(1,0\div1,2)D_{ц}$;

l_1 — выдвиг — расстояние между положениями центра тяжести в начальный момент циркуляции и после поворота судна на 90° ; $l_1=(0,6\div1,2)D_{ц}$;

l_2 — обратное смещение — наибольшее расстояние, на которое смещается центр тяжести судна в сторону, обратную повороту. Смещение возникает в начале эволюционного периода вследствие перекладки руля и нарушения симметрии обтекания корпуса встречным потоком; $l_2=(0,05\div0,10)D_{ц}$;

l_3 — прямое смещение — расстояние от линии первоначального курса до центра тяжести судна после поворота на 90° ; $l_3 = (0,4 \div 0,6) D_{Ц}$;

$V_{Ц}$ — линейная скорость судна на циркуляции рассматривается как линейная скорость центра тяжести. Линейная скорость различных точек судна неодинакова и зависит от расстояния данной точки до центра циркуляции, т. е. от радиуса циркуляции данной точки;

ω — угловая скорость поворота судна в горизонтальной плоскости, рад/с. При движении судна на циркуляции каждая точка судна описывает окружность вокруг общего центра циркуляции; угловые скорости движения всех точек судна равны $\omega = \frac{V_{Ц}}{R} = \frac{2\pi}{t_{ц}}$

$t_{ц}$ — время полного периода циркуляции, поворота на 360° ;

$S_{Ц}$ — путь судна на циркуляции за время t ($S_{Ц} = V_{Ц} t_{ц}$);

ψ — угол курса — угол между положениями ДП и неподвижной осью, параллельной диаметральной плоскости в начальный момент циркуляции ($0-360^\circ$);

ϕ — угол скорости — угол между вектором линейной скорости центра тяжести и неподвижной осью x , параллельной диаметральной плоскости в начальный период циркуляции $\phi = \psi - \beta$ (угол скорости равен разности углов курса и дрейфа);

β — угол дрейфа — угол между вектором линейной скорости центра тяжести (либо вектором местной скорости любой точки судна) и ДП судна. Появление дрейфа и его величину обуславливает поперечная компонента вектора скорости судна на циркуляции. Угол дрейфа изменяется по длине судна: наибольшее его значение в кормовой части; к носу углы дрейфа уменьшаются, и в точке пересечения перпендикуляра из центра циркуляции с ДП судна $\beta = 0$; дальше к носу угол β меняет знак на обратный. Точка на диаметральной плоскости судна с нулевым углом дрейфа — полюс поворота.

Величина угла дрейфа β пропорциональна углу перекладки руля и зависит от относительной скорости судна (рис. 7).

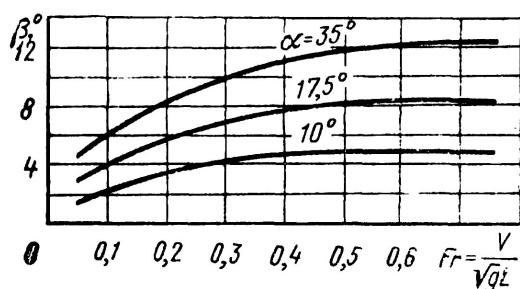


Рис. 7. Зависимость угла дрейфа от скорости судна и угла перекладки руля

В корму от полюса поворота встречный поток набегаёт со стороны наружного борта судна и углы дрейфа считаются положительными, к носу от полюса поток набегаёт с внутреннего борта и углы дрейфа отрицательные.

Положение точки с нулевым углом дрейфа — полюса поворота (X_0) зависит от крутизны циркуляции и отличается стабильностью. Так, при циркуляции судна с минимально возможным радиусом и максимальной угловой скоростью $\frac{L}{R_{\min}} = \omega_{\max}$ полюс поворота располагается на ДП либо на ее продолжении на расстоянии $(0,3 \div 0,5) L$ от центра тяжести судна, в сторону носа (рис. 8).

Вокруг вертикальной оси, проходящей через полюс поворота X_0 , судно совершает поворот в относительном движении на циркуляции. Корма, как наиболее удаленная часть судна от центра циркуляции, перемещается со значительно большими углами дрейфа, чем носовая, что необходимо учитывать при маневрировании в стесненной обстановке, при расхождении с судами и при швартовных операциях, особенно в начальный период, циркуляции, сопровождающийся значительным выносом кормы судна в сторону, противоположную перекладке руля. Максимальные углы дрейфа достигают $15\text{--}20^\circ$, а максимальная скорость поворота — $2,0\text{--}2,5^\circ/\text{с}$.



С увеличением скорости судна радиус циркуляции несколько увеличивается. Однако существенное изменение радиуса циркуляции возможно лишь при значительных относительных скоростях судна (при $Fr \geq 0,5$).

Величина крена зависит от угла атаки руля, пропорциональна массе судна и квадрату его скорости.

23

силы инерции, приложенной к центру тяжести судна, крен в сторону перекладки руля выравнивается и возникает динамический крен Q_d , направленный на внешний, по отношению к центру циркуляции, борт судна, достигающий значений, превышающих 12° (рис. 9).

При дальнейшем движении судна циркуляция принимает установившийся характер, величина крена уменьшается и угол крена стабилизируется, так как $\Theta_{уст} = f(\omega)$.

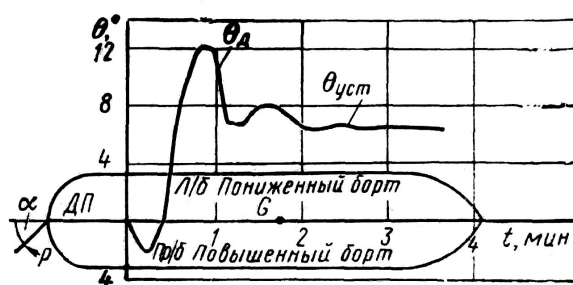


Рис. 9. Крен судна на циркуляции:

Величина крена пропорциональна углу перекладки руля и квадрату скорости судна. Увеличение скорости незначительно увеличивает диаметр циркуляции, но резко увеличивает крен судна. Поэтому на значительных скоростях опасно переключать руль на большой угол, особенно на судах, обладающих малой поперечной остойчивостью.

Постоянный крен судна в зависимости от стороны поворота либо увеличивает циркуляционный крен, либо уменьшает его.

Согласно нормам Регистра СССР крен судна на поворотах и циркуляции не должен превышать 12° .

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА МАНЕВРЕННОСТЬ СУДНА

Водоизмещение. Тенденция резкого роста тоннажа судов требует особого внимания к вопросам маневрирования крупнотоннажных судов водоизмещением 100000 т и более, так как водоизмещение является

основной величиной, определяющей сопротивление судна при его движении.

Сопротивление, приходящееся на единицу водоизмещения — удельное сопротивление $R_{уд} = \frac{R}{D}$ является критерием, характеризующим гидродинамическое качество судна: чем больше относительное значение сопротивления, тем ниже гидродинамические характеристики судна при заданном режиме быстроходности.

Водоизмещение относительно, через параметр, характеризующий длину судна, связано с числом Фруда, которое определяет относительную скорость и является мерой быстроходности судна.

Увеличение водоизмещения тихоходного судна ($Fr < 0,25$) не вызывает резкого изменения скорости судна и сопротивления движению, в то время как аналогичное увеличение водоизмещения быстроходных судов ($Fr > 0,40$) приводит к значительному падению относительной скорости судна и росту сил сопротивления. Поэтому крупнотоннажные суда имеют, как правило, невысокую относительную скорость ($Fr = 0,25 \div 0,40$) и сравнительно маломощные двигатели.

У особо крупных судов инерционно-тормозные характеристики значительно отличаются от характеристик судов малого и среднего тоннажа: непропорционально большая длина тормозного пути и более продолжительный период времени торможения и разгона как в абсолютном, так и в относительном значении.

Крупнотоннажное судно устойчиво в прямолинейном движении и в движении на циркуляции, т.е. медленно реагирует на действие руля, выведенного из прямого положения, и на воздействие внешних сил. С увеличением тоннажа судна ухудшаются его маневренные характеристики, что следует особо учитывать при маневрировании.

Маневр крупнотоннажного судна в стесненной обстановке должен выполняться на малых скоростях движения судна с использованием средств активного управления и дополнительных технических средств торможения.

Увеличение водоизмещения судна при неизменной; мощности двигателей ведет к уменьшению скорости, к увеличению диаметра циркуляции судна, увеличению длины тормозного пути и времени торможения и разгона. Для маневрирования крупнотоннажному судну нужен значительный оперативный простор. Грузовое судно проявляет замедленную реакцию на; изменение положения руля. С увеличением водоизмещения на 5—7% скорость судна уменьшается на 1%.

Уменьшение водоизмещения (осадки) приводит к; увеличению парусности судна, судно с малой осадкой: пол ее подвержено действию внешних сил.

Форма корпуса. Формы корпуса и отношения главных размерений определяются в зависимости от режима быстроходности судна. Изменение коэффициента полноты объемного водоизмещения (δ) соответственно влияет на величину объемного водоизмещения судна (V) и приводит к изменению сопротивления судна. Быстроходность судна является функцией коэффициента полноты объемного водоизмещения. С увеличением быстроходность судна уменьшается.

На судах, имеющих диапазон скоростей $F_r=0,25\div0,35$, для улучшения пропульсивных и маневренных качеств судов применяются бульбовые образования носовой оконечности судна, что позволяет снизить сопротивление воды движению судна и тем самым повысить его быстроходность на 3 — 5% при неизменной мощности главных двигателей.

Наличие бульба повышает устойчивость судна на курсе, но наряду с этим ухудшает его поворотливость.

Крен и дифферент. Крен судна увеличивает осадку:

$$\Delta T = \frac{B}{2} \sin \Theta$$

где ΔT — изменение осадки судна, м;

B — ширина судна, м;

Θ — угол крена, град.

Величина крена, возникающего при повороте судна, пропорциональна квадрату скорости судна и углу перекладки руля. Крен ухудшает маневренные качества судна вследствие несимметричности обтекания корпуса массами воды. Судно стремится уклониться в сторону, противоположную крену. Потери скорости при крене могут быть значительны.

Дифферент на нос увеличивает лобовое сопротивление воды, что снижает эффективность работы винтов и ведет к уменьшению скорости; судно менее устойчиво на курсе, рыскливо.

Небольшой дифферент на корму благоприятен для судна, значительный — отрицательно сказывается на поворотливости и уменьшает скорость судна.

Соотношение главных размерений. С увеличением отношения длины к ширине $\frac{L}{B}$ поворотливость судна ухудшается вследствие возрастания бокового сопротивления воды, но при этом улучшается устойчивость его на курсе.

С увеличением отношения осадки судна к его длине $\frac{T}{L}$ — устойчивость на курсе несколько улучшается.

Увеличение отношения ширины судна к его осадке $\frac{B}{T}$ — вызывает обратное явление. Широкие и мелкосидящие суда малоустойчивы на курсе и рыскливы.

Увеличение коэффициентов общей полноты водоизмещения приводит к увеличению объемного водоизмещения судна и улучшает поворотливость судна.

Мелководье и узкость. При плавании на мелководье и в узкости возникает дополнительное сопротивление движению судна от трения воды о грунт и изменение: характера волнообразования с увеличением скорости судна, что значительно ухудшает управляемость и приводит к увеличению осадки судна.

При критической скорости $V = \sqrt{gH}$ высота волн возрастает, просадка судна достигает своего максимума. Увеличение частоты вращения гребного винта не приводит к увеличению скорости, возможна потеря управляемости.

Практически влияние мелководья не сказывается при $\frac{H}{T} \geq 7$ (H—глубина; T—осадка судна).

Обрастание корпуса. Обрастание корпуса уменьшается скорость судна. Интенсивность обрастания зависит от географических и гидрологических условий плавания, а также от биологических факторов. При интенсивном обрастании корпуса потери скорости в течение первого года могут достигать 20%. Обрастание корпуса значительно изменяет инерционные характеристики судна, уменьшает тормозной путь и время торможения, диаметр циркуляции, увеличивает путь и время разгона судна.

Гидрометеорологические факторы. Под действием ветра, волнения, течения маневренные качества судна претерпевают значительные изменения; при этом первостепенное значение имеет курс судна относительно действия факторов, а также сила ветра и волнения и скорость течения.

Максимальный дрейф судна возникает при ветре, в диапазоне 70–120° к ДП судна. С уменьшением скорости хода дрейф судна возрастает.

Особенно опасен дрейф высокобортных судов с развитыми надстройками. Судно считается неуправляемым, если оно не в состоянии следовать своим курсом при дрейфе менее 30°.

Направление фронта волны, как правило, совпадает с направлением ветра, усиливая его влияние на судно. На волнении возникает асимметричное рыскание, которое приводит к сносу судна с курса, создает вибрацию корпуса, качку, снижает скорость судна. Боковое и попутное волнение вызывает сильную бортовую качку и ухудшает управляемость судна.

Эффективность руля на попутном волнении уменьшается, что затрудняет управление и способствует возникновению рыскливости. Неблагоприятно сказываются на управлении судна и его прочности сильные динамические удары волк — слемминг. На сильном встречном волнении, во избежание повреждения корпуса от ударов волн, следует располагать курс под углом к фронту волны и уменьшать скорость судна.

Течение оказывает влияние на ходкость и управляемость судна. Значительно изменяются инерционные характеристики судна, искажается кривая циркуляции, изменяется скорость судна относительно грунта. Встречное течение тормозит движение судна, попутное — отрицательно влияет на управляемость судна и увеличивает длину тормозного пути.

Влияние течения зависит от его скорости и направления относительно курса судна. Встречное течение повышает эффективность руля, попутное — ухудшает. Направление и скорость течения необходимо учитывать на каждом курсе, имея при этом в виду, что элементы течения (направление и скорость) подвержены значительным изменениям. Скорость течения значительно возрастает в узкостях и при наличии ветра, направление которого совпадает с направлением течения.

На сильной толчее и при тягуне значительно ухудшается управляемость судна. Эти районы необходимо, по возможности, форсировать на значительной скорости.

2. МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДОВ, ОБОРУДОВАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ДВИЖИТЕЛЬНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

МАНЕВРИРОВАНИЕ ОДНОВИНТОВОГО СУДНА (ВИНТ ПРАВОГО ВРАЩЕНИЯ)

Продольное движение судна, движение его по криволинейным траекториям, изменение направления движения и скорости перемещения осуществляется винторулевым комплексом.

Наиболее распространенным типом движителя, создающего необходимую для движения судна движущую силу, является гребной винт, у которого путем преобразования энергии двигателя создается упор за счет реакции воды, отбрасываемой лопастями (при вращении).

В результате гидродинамического взаимодействия подводной части корпуса судна, винта, руля с обтекающими массами воды возникают силы, которые делают судно управляемым.

Главное устройство для обеспечения управляемости судна — руль. Руль одновинтового судна расположен в ДП на одной линии с осью винта и на переднем ходу обтекается струей воды от винта, а при работе на задний ход поток устремляется на кормовые обводы судна.

Функция руля — обеспечение поворотливости судна и придания ему должной устойчивости на курсе. Рабочими органами средств управления судном являются рули и поворотные насадки.

Расположение руля за винтом обуславливает его эффективность, улучшает маневренные качества судна, поворотливость и управляемость.

С точки зрения гидродинамики, перо руля расположено в чрезвычайно неравномерном потоке жидкости с неравномерным распределением скорости движения воды. Встречный поток, возникающий от движения судна и обтекающий руль, искажается струей от гребного винта и попутным потоком, направленным в сторону движения судна.

Руль, отклоненный от ДП на некоторый угол, нарушает симметрию

обтекания корпуса, в результате чего возникает давление на руль гидродинамической силы, вектор которой направлен под углом к плоскости пера руля и приложен к центру давления на перо руля.

Величина гидродинамической силы пропорциональна площади пера руля, зависит от угла атаки и квадрата скорости набегающего потока, что приблизительно пропорционально квадрату скорости судна (рис. 10).

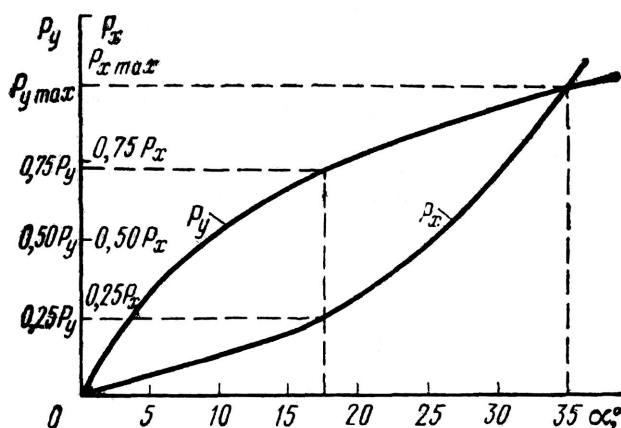


Рис. 10. Действие руля на управляемость судна

P_y , P_x – соответственно полезная и тормозящая составляющие сил, действующих на руль

При движении судна вперед по инерции при неработающем винте и прямом положении руля вода, обтекающая корпус, равномерно давит на перо руля, практически не вызывая отклонения судна от прямого курса.

Руль, выведенный из прямого положения, начинает работу одновременно с винтом, даже при отсутствии хода судна. Более того, руль и винт оказывают максимальное влияние на поворотливость судна именно при отсутствии хода, когда руль положен на борт и машина работает полным ходом вперед (толчок). Этот маневр называется «сильным маневром», с его помощью осуществляется разворот судна практически на «стопе», подобно развороту, выполняемому двухвинтовым судном без хода при работе машин враздрай либо при выполнении разворота с помощью средств активного управления судном — подруливающих устройств.

На малых скоростях, особенно в начале движения, влияние винта на

управляемость судна преобладает над влиянием руля. Это необходимо учитывать при маневрировании на ограниченной акватории и управлять судном с помощью «сильных маневров», реверсируя машину на полных маневренных оборотах, с максимальной перекладкой руля, не допуская при этом значительной инерции судна.

Максимальная эффективность руля — при перекладке его до 35° , дальнейшая перекладка значительно увеличивает тормозящее действие руля и уменьшает момент сил, разворачивающих судно. Тормозящее действие руля усиливается также несимметричным сопротивлением воды, в результате чего падение скорости судна на поворотах, и особенно на циркуляции, достигает больших значений — 30–40% от скорости судна до выхода на циркуляцию.

На судно, не имеющее хода, с неработающими машинами, руль влияния не оказывает.

Управляемость судна на заднем ходу значительно хуже, чем на переднем, за счет формы корпуса судна, рассчитанной на движение вперед, а также малой эффективности руля, который при движении судна назад находится впереди центра тяжести судна, в результате чего судно не обладает устойчивостью прямолинейного движения.

При маневрировании следует учитывать, что под действием винта и руля как на переднем, так и на заднем ходу поворот судна в сторону вращения винта осуществляется легче и быстрее и радиус циркуляции в эту сторону меньше. На одновинтовом судне с винтом правого шага разворот предпочтительнее делать через правый борт.

Управляемость судна в значительной степени зависит от внешних условий плавания. Назначение руля заключается также в придании судну должной устойчивости на курсе на прямолинейной и криволинейной траекториях пути при действии ветра и волнения.

Моменты аэродинамических и гидродинамических сил приводят судно к крену и оказывают влияние на элементы его горизонтального перемещения как продольного, так и на циркуляции. Под действием ветра и волнения

судно смещается по направлению действующей силы и разворачивается, при этом искажается траектория его движения.

Для удержания судна на курсе при действии внешних сил приходится увеличивать амплитуду перекладки руля, при этом, как правило, возрастает частота перекладки. При наличии дрейфа перекладка руля осуществляется асимметрично относительно нулевого положения; условный «нуль» смещается в сторону наветренного борта.

Если перекладка руля на максимальный угол ($33\text{--}35^\circ$) является недостаточной для преодоления действий внешних сил и удержания судна на курсе, то судно не в состоянии двигаться в заданном направлении и становится неуправляемым.

При углах дрейфа, превышающих 30° , судно считается практически неуправляемым: боковое перемещение его возрастает до опасных скоростей, судно несет ветром.

При расчете величины дрейфа следует учитывать направление ветра относительно курса судна, его скорость, площадь парусности судна, осадку.

Разворот одновинтового судна на контр курс (рис. 11, 12) — элементарный маневр, при выполнении которого в полной мере проявляется влияние руля и винта на поворотливость судна.

Маневр можно выполнить путем перекладки руля — совершить циркуляцию. На ограниченном пространстве, как правило, маневрируют с помощью руля и главных двигателей.

Действие винта на поворотливость будет наибольшим, когда судно не имеет движения, эффективность руля возрастает с увеличением скорости судна.

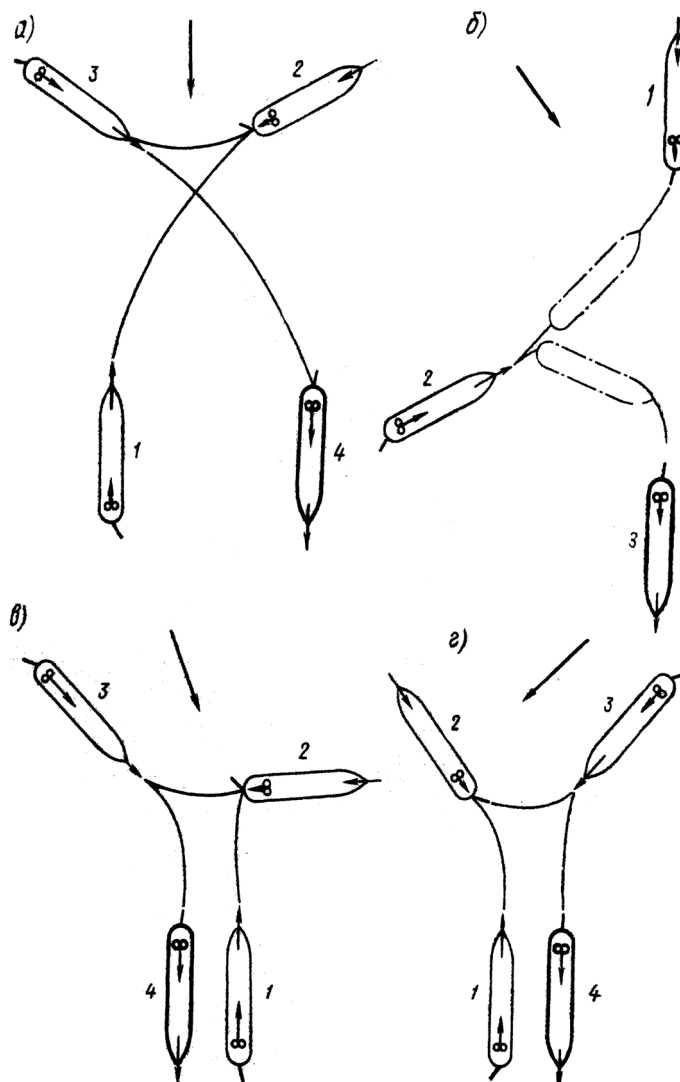


Рис. 11. Разворот одновинтового судна (винт правого шага) на контркурс:

а — при встречном ветре; *б, в* — при ветре бейдевинд левого галса;
г — при ветре бейдевинд правого галса; 1—4 — процесс маневрирования

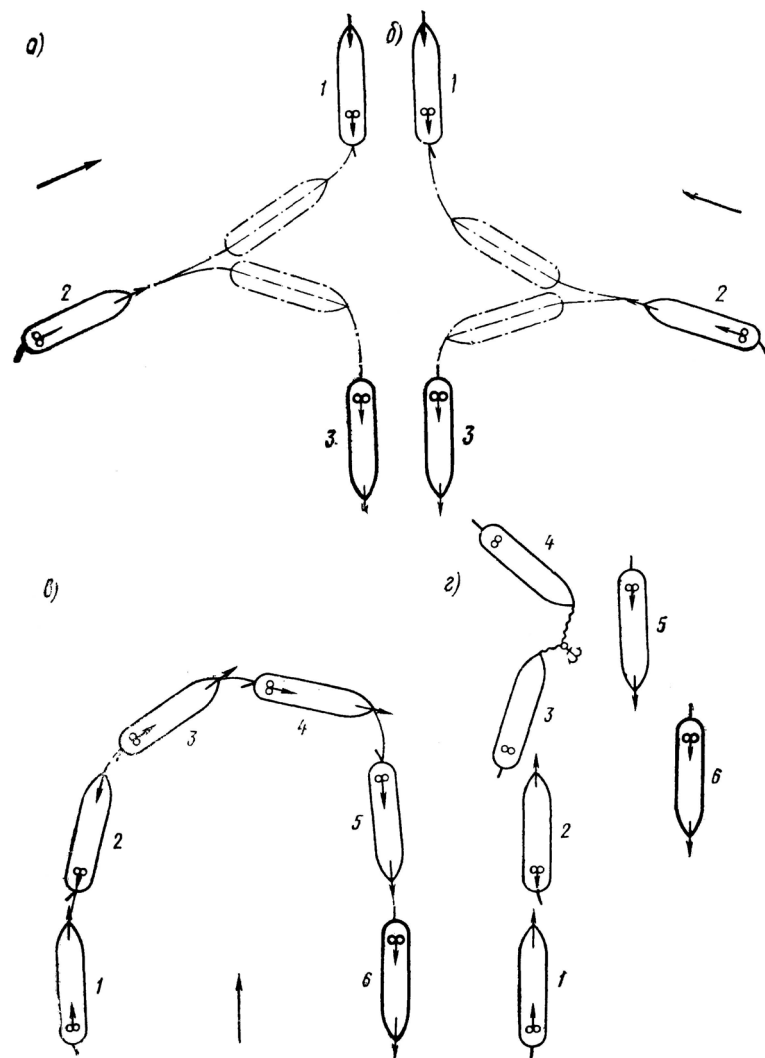


Рис. 12. Разворот одновинтового судна (винт правого шага) на контркурс:

a — при ветре бакштаг левого галса; *б* — при ветре бакштаг правого галса;
в — при попутном ветре; *г* — при попутном ветре с помощью якоря; 1—5 — процесс маневрирования

Для разворота при попутном ветре или течении требуется большое оперативное пространство. В стесненной обстановке такой разворот лучше выполнить с отдачей якоря.

МАНЕВРИРОВАНИЕ ДВУХВИНТОВОГО СУДНА (ШАГ ВИНТА И БОРТ СУДНА ОДНОИМЕННЫ, ВИНТЫ ПРОТИВОПОЛОЖНОГО ВРАЩЕНИЯ)

На установившемся переднем или заднем ходу при работе обоих винтов с одинаковой частотой и руле, поставленном прямо, боковые силы (от работы винтов) не возникают, и судно движется прямолинейно вперед или назад до тех пор, пока внешние силы либо руль, отклоненный от прямого положения, не выведут его из этого положения.

Диаметр циркуляции двухвинтового судна при равных условиях одинаков при повороте вправо и влево.

При работе винтов враздрай угловая скорость движения судна на циркуляции «будет велика. Перекладка руля в сторону поворота ускорит движение судна на циркуляции и уменьшит ее диаметр.

При одинаковой частоте вращения винтов, работающих враздрай, судно, описывая циркуляцию, будет иметь поступательное движение.

Для разворота судна на месте машине, работающей на передний ход, следует дать ход на одну ступень меньше, чем машине, работающей на задний ход. Разворачивающий момент будет равен сумме разворачивающих моментов, возникающих при работе каждого винта в отдельности.

Величина диаметра циркуляции и угловая скорость поворота с одновременным продольным перемещением двухвинтового судна регулируются различной комбинацией ходов и частот вращения винтов. Практически при необходимости, разворот можно выполнить «на пятке», не развивая поступательного движения.

Двухвинтовое судно на переднем ходу менее устойчиво на курсе, чем одновинтовое, однако на заднем, при работе обеих машин на задний ход,

двухвинтовое судно управляется лучше, так как струи воды от обоих винтов равномерно обтекают его борта.

Управляемость двухвинтовым судном лучше, когда шаг винта и борт судна одноименны.

Если оба винта вращаются по часовой стрелке, возникает поперечная составляющая сила (от работы винтов), которая на переднем ходу и руле, положенном прямо, уклоняет нос судна влево. Если оба винта вращаются против часовой стрелки, то судно уваливает вправо.

Трехвинтовые суда сочетают маневренные качества одновинтового и двухвинтового судов и обладают высокой маневренностью.

В основном маневр поворота и циркуляции трехвинтовое судно осуществляет с помощью внешних винтов; центральный винт лишь содействует развороту.

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДНА, ОБОРУДОВАННОГО ВИНТОМ РЕГУЛИРУЕМОГО ШАГА (ВРШ)

Винт регулируемого шага представляет собой гребной винт с регулируемым углом разворота лопастей.

Главный двигатель в процессе маневрирования судна сохраняет неизменной частоту вращения гребного винта. Изменение направления и скорости движения судна осуществляется путем поворота лопастей, изменением шага винта в процессе его вращения, что позволяет регулировать ход в полном диапазоне скоростей: полный ход вперед — стоп — полный ход назад.

Применение гребных ВРШ позволяет использовать полную мощность главного двигателя на различных режимах работы и повысить пропульсивные качества движительного комплекса.

Маневренные качества судна, оборудованного ВРШ, лучше, чем судна с винтом фиксированного шага:

- управление движителем осуществляется дистанционно с мостика;

- время реверса судна сокращается на 30—40%;
- сокращается время торможения и тормозной путь судна;
- обеспечивается высокая степень маневренности судна при плавании в стесненной обстановке, при осуществлении маневра по расхождению судов, при выполнении швартовных операций;
- движение судна осуществляется плавно, без толчков, на любой скорости, включая минимальную, что особенно важно при подходе судна к причалу в процессе швартовных операций.

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДНА С КРЫЛЬЧАТЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ

Крыльчатый движитель представляет собой движительный комплекс особой конструкции, объединяющий функции руля и винта: механизм с вертикальной осью вращения, оборудованный поворотными лопастями крыльчатого профиля.

Крыльчатый движитель приводится в действие от главного нереверсивного двигателя. С помощью эксцентрикового устройства крыльчатые лопасти разворачиваются в заданное положение относительно набегающего потока. Изменение положения лопастей меняет направление упора движителя и соответственно направление движения судна; К.П.Д. крыльчатого движителя выше, чем К.П.Д. гребного винта.

Судно, оборудованное крыльчатым движителем, обладает высокими маневренными качествами:

- конструктивные особенности движителя позволяют осуществлять движение в любом избранном направлении на 360°, включая перемещение боком;
- разгон и торможение осуществляются плавно, тормозной путь не превышает длины одного корпуса судна;
- поворот на любой борт осуществляется сразу с началом работы движителя; разворот судна происходит практически на месте;

- управление движителем осуществляется с ходового мостика.

Суда, оборудованные крыльчатыми движителями, к работе во льдах и на волнении не приспособлены: несущий диск и лопасть движителя в этих условиях подвергается чрезмерным напряжениям.

Крыльчатые движители применяются на буксирах и судах портового флота.

СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИИЖИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Насадки повышают коэффициент пропульсивности гребного винта транспортных судов на 10–12%, буксиров — на 20–30%. Насадка — пустотелый усеченный конус, соединенный с корпусом (направляющая) или с примером руля (поворотная), позволяет увеличить скорость обтекания винта водой, что приводит к увеличению К.П.Д. и тяговых характеристик движительного комплекса.

Эффективность насадки пропорциональна коэффициенту нагрузки на винт, и при движении судна на установившейся скорости, с уменьшением нагрузки на винт, ее эффективность уменьшается. Поэтому нецелесообразно применять насадки на быстроходных судах. Широко применяются насадки на буксирных судах и ледоколах.

Поворотная насадка, составная часть движительного комплекса, одновременно служит как орган управления судном. Поворотливость судна, оборудованного поворотной насадкой, улучшается.

Контрвинт — неподвижный винт, установленный перед или за гребным винтом. Лопасти контрвинта, подобно направляющим лопастям турбины, спрямляют закруженный винтом поток воды и улучшают режим работы винта, повышая пропульсивный коэффициент на 7–12%.

Обтекаемый руль уменьшает сопротивление винто-рулевого комплекса, снижает потери мощности на закручивание воды, повышает пропульсивный коэффициент на 7–12%. Судно, оборудованное обтекаемым рулем, реагирует на малые отклонения пера руля. Эффективность

достигается удобообтекаемой формой винто-рулевого комплекса и пера руля.

Пропульсивные наделки устанавливаются на руле и на рудерпосте соосно с гребным винтом. Наделка препятствует завихрению и уменьшает потери от закручивания воды от винтовой струи, чем повышает эффективность руля и увеличивает на 3–8% К.П.Д. винта. Наделки применяются на одно- и двухвинтовых судах, а также на судах, оборудованных ВРШ.

СРЕДСТВА АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

Для обеспечения маневров крупнотоннажных и пассажирских судов в условиях стесненной обстановки применяются средства, повышающие эффективность судового движительного комплекса, средства активного управления судном (САУ): поворотные винтовые колонки, активные рули, подруливающие устройства.

САУ создают боковую силу, перемещающую судно по оси y . Эффективность этих средств высока при отсутствии хода и на предельно малых скоростях движения судна (0,1—2,0 м/с). По мере увеличения скорости эффективность САУ падает, так как их мощность мала по сравнению с мощностью главных двигателей (рис. 13).

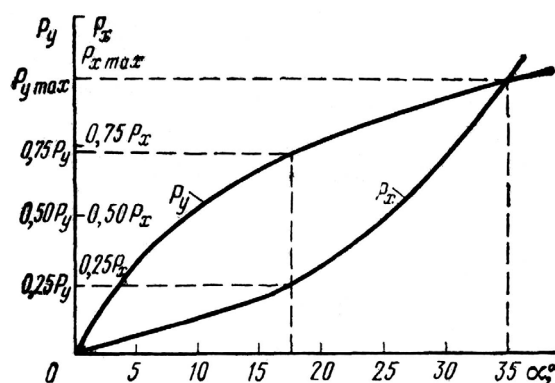


Рис. 13. Эффективность подруливающего устройства в зависимости от относительной скорости судна V_y/V_x ;

V_y , V_x — соответственно поперечная и продольная составляющие скорости

Использование САУ позволяет осуществлять швартовные операции, и проводку судна в стесненной обстановке без помощи буксиров.

Поворотная винтовая колонка, представляющая собой вспомогательный комплекс, — САУ обеспечивает работу установленного на ней гребного винта в горизонтальной плоскости в диапазоне 0–360°.

Это обстоятельство позволяет изменять направление тяги и винта без реверсирования двигателя; направление вектора тяги соответствует углу поворота колонки.

Поворотные винтовые колонки эффективны на предельно малых скоростях при маневрировании в стесненной обстановке и при швартовных операциях.

Ангинный руль — руль, оборудованный вспомогательным пиитом, расположенным за задней кромкой пера руля. Этот винт приводится в действие электродвигателем, управление которым осуществляется с мостика судна. При перекладке руля поперечная составляющая силы, действующей на руль, значительно усиливается за счет тяги вспомогательного винта. Действие активного руля эффективно на малых скоростях судна.

Активный руль может обеспечить движение судна на предельно малой скорости и его разворот с очень малым радиусом циркуляции, практически на месте. Эти ячества особенно ценны при швартовных операциях.

Подруливающие устройства (ПУ) — специальные движители, расположенные перпендикулярно ДП в носовой или в кормовой части либо в обеих оконечностях судна (направление тяги ПУ нормально к ДП). Два подруливающих устройства обеспечивают разворот судна на месте без помощи главного двигателя, движение его и удержание на месте.

Обычно средства активного управления судном используются при маневрировании в стеснённой обстановке, и особенно при швартовных операциях, в сопряжении с главным двигателем, что дает хороший эффект (рис. 14, а, б).

Суда, оборудованные средствами активного управления, в обычных условиях могут выполнять швартовные операции без помощи буксиров.

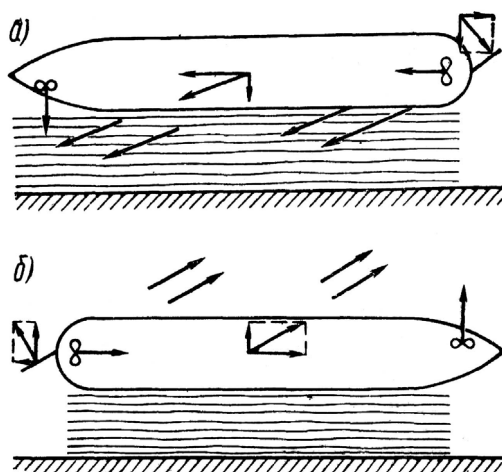


Рис. 14. Подход судна к причалу и отход от причала с помощью главного двигателя и подруливающего устройства:

a — к причалу; *б* — от причала

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МАНЕВРИРОВАНИЯ СУДНА

С увеличением размеров судов при постоянно нарастающих интенсивности и плотности судопотоков возник вопрос о повышении маневренных возможностей судов и автоматизации процессов их управления в различных условиях плавания.

Отставание относительного роста мощности СЭУ от увеличения водоизмещения приводит к ухудшению маневренных качеств крупнотоннажных судов, что практически выражается в замедленной реакции судна на перекладку руля, в изменении инерционных параметров судна: в увеличении времени торможения и разгона, увеличении длины тормозного пути и потере управляемости на малых скоростях переднего и заднего хода.

Для повышения эффективности управляемости судов и улучшения их маневренности происходит процесс постоянного совершенствования движительного комплекса: внедряются поворотные насадки, винты регулируемого шага, применяются средства активного управления судном (подруливающие устройства и активные рули).

Для уменьшения тормозного пути и сокращения времени торможения

используются пассивные тормозные конструкции: парашюты, щиты-закрылки, раскрывающиеся рули, специальные протоки — туннели. Польские судостроители предложили использовать для торможения носовой бульб, который в обычных условиях снижает сопротивление корпуса судна и повышает его скорость. Створки раскрывающегося носового бульба в раскрытом положении эффективно (до 35%) сокращают тормозной путь и время торможения. Наряду с этим асимметричное раскрытие створок создает дополнительные возможности при маневрировании судна, улучшает его маневренные качества, в частности, значительно уменьшает диаметр циркуляции судна.

Применяются также активные тормозные устройства: ракетные реактивные установки и струйные аппараты, работающие от автономных источников энергии.

Наряду с улучшением пропульсивных и маневренных качеств судов расширяются возможности судоводителя по управлению судном с помощью автоматизации процессов судовождения в различных условиях плавания. Такой процесс автоматизации, как и любой другой автоматизированный процесс, связан с получением, обработкой и анализом информации, управляющей судном, с последующим контролем исполнения.

Автоматизация процессов судовождения преследует цель — обеспечить безопасность мореплавания, повышение эффективности работы флота и расширить возможности судоводителя в управлении судном.

Современные навигационные комплексы позволяют командировать основные процессы судовождения и осуществлять автоматический контроль исполнения заданной программы. Навигационный комплекс ведет автоматическое счисление пути судна, определяя при этом курс, скорость, пройденное расстояние, счислимые координаты места судна, делает расчет плавания по дуге большого круга, вычисление маршрутных координат, определите дистанции и пеленга цели, определение места судна по радионавигационным системам и навигационным спутникам, коррекцию курса и скорости судна при движении по заданным траекториям.

Навигационный автоматизированный комплекс состоит из специального цифрового вычислительного устройства для автоматической обработки поступающей информации, радиолокационной станции (РЛС), электронного блока оценки опасности столкновения, индикатора ситуаций. Цифровая вычислительная машина (ЦВМ) обрабатывает информацию, поступающую от первичных источников информации: радиолокационных датчиков, курсоуказателей, электронного лага, приемо-индикаторов радионавигационных систем (РНС) ближней и дальней навигации, визуального радиопеленгатора и других приборов.

Процесс автоматизации управления движением судна заключается в том, чтобы осуществить движение судна по определенной, заданной траектории путем автоматизированного воздействия на судовые органы управления (руль и движитель) с последующей постоянной коррекцией отклонений судна от заданного пути.

Система предупреждения столкновения судов в море. Автоматизация процесса расхождения судов в море осуществляется с помощью комплекса РЛС — ЦВМ.

Навигационный комплекс решает следующие задачи: обнаружение судна-цели; определение координат цели и параметров ее движения; автоматический захват цели для последующего сопровождения; оценка степени опасности столкновения; выбор маневра для расхождения. При этом автоматическая система ведет непрерывное наблюдение за каждой целью и анализирует траекторию ее движения. Судоводитель может вручную либо автоматически воспроизвести экстраполяцию ситуации при маневре на расхождение с любой целью — проиграть имитацию намеченного маневра.

В настоящее время на крупных транспортных судах и супертанкерах используются автоматизированные навигационные системы «Бриз», «Диджиплот», «Дата-бридж», «Сиерри» и др.

Швартовные навигационные системы. При плавании в стесненной обстановке и при швартовных операциях особо важно точно знать и

учитывать поведение судна, иметь возможность измерить предельно малые скорости движения и учесть при этом направление перемещения.

Доплеровская радиолокационная система, в сочетании с вычислительным устройством, путем измерения разности частот излученного и отраженного радиосигналов позволяет автоматически рассчитать и зарегистрировать скорость движения судна, пройденное расстояние, дистанцию до объекта; с помощью датчиков навигационной информации непрерывно измеряет и индицирует текущие значения скорости и курса судна. Автоматизированная система позволяет определить скорость сближения с причалом крайних точек судна (носовой и кормовой оконечностей) и угол подхода судна к причалу.

На эффекте Доплера основана также работа гидроакустических доплеровских систем, принцип работы которых заключается в передаче информации в водной среде.

На отечественных судах применяется гидроакустический доплеровский лаг «Онега». Диапазон измерения скоростей этим лагом очень широк: от 13 м/с на переднем ходу до 5 м/с на заднем; поперечные скорости в диапазоне 0—2 м/с.

Точность измерения велика — погрешность около 1% измеряемой скорости. Измеренные расстояния до причала фиксируются на световом табло либо записываются на магнитную ленту.

В некоторых навигационных комплексах используются совместно радиолокационная и гидроакустические доплеровские системы.

Швартовная навигационная система может включать также приборы, обеспечивающие контроль за безопасной стоянкой судна у причала в зависимости от погодных условий, измерять силу навала судна на отбойные приспособления причала.

В качестве швартовых навигационных систем наряду с радиолокационными и гидроакустическими доплеровскими системами применяются ультракоротковолновые, акустические ультразвукового диапазона, лазерные (оптические), телевизионные.

Индикатор скорости поворота. На крупнотоннажных судах для обеспечения безопасности мореплавания в стесненной обстановке и при швартовных операциях применяется прибор — индикатор скорости поворота, принцип работы которого основан на гироскопическом эффекте.

Индикатор скорости поворота обладает чувствительностью, превышающей $0,01^\circ/\text{с}$, и измеряет малейшее отклонение судна при повороте, значительно опережая реакцию судоводителя. Ранняя индикация направления движения судна и скорости его поворота позволяет более четко осуществлять маневр в сложной обстановке.

Сопряжение индикатора скорости поворота с авторулевым позволяет уменьшить амплитуду рыскания судна и, следовательно, потери ходового времени.

3. МАНЕВРИРОВАНИЕ ПРИ ЯКОРНЫХ И ШВАРТОВНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

ПОСТАНОВКА СУДНА НА ЯКОРЬ

Места, отведенные для якорных стоянок, нанесены на навигационных картах и описаны в руководствах для плавания.

Якорная стоянка должна удовлетворять следующим условиям: быть безопасной и надежной, иметь хорошо держащий грунт, быть, по возможности, защищенной от господствующих ветров, иметь навигационное обеспечение.

Рекомендуется предварительно наметить план постановки на якорь (съемки с якоря), при этом следует учитывать цель и продолжительность стоянки, технические возможности и маневренные качества судна, навигационные и гидрометеорологические условия, прогноз погоды, глубины якорного места, рельеф дна и характер грунта, изменение уровня воды, подвижку льда,, возможность укрытия от господствующих ветров, безопасную съемку с якоря и выход судна за пределы якорной стоянки и другие факторы, влияющие на безопасность судна.

Выбор места якорной стоянки следует производить на крупномасштабной карте с таким расчетом, чтобы не загромождать фарватер и рекомендованные пути, не закрывать навигационные знаки.

Свободная акватория для стоянки на якорю должна быть не менее зоны навигационной безопасности для данного судна. При этом необходимо учитывать также зону навигационной безопасности и других судов, стоящих на якорной стоянке, радиус их циркуляции на якорю, с учетом возможности потравливания ими своих якорных цепей.

В случае столкновения судов при постановке на якорь или во время стоянки на якорю ответственность за неверно выбранное якорное место возлагается на судно, ставшее на якорь позже.

Подходить к месту якорной стоянки следует по естественному створу или ведущему пеленгу, располагая курсы, по возможности, против ветра или

течения, а при наличии обоих факторов, вызывающих снос судна,— против их равнодействующей.

Маневр рассчитать так, чтобы при подходе к месту отдачи якоря судно имело минимальный, достаточный для управления, ход вперед. Правильность выхода судна в точку отдачи якоря следует контролировать навигационными способами, корректировать курс, учитывая, что с уменьшением скорости дрейф судна и снос его течением возрастают. Подходить к намеченной точке с застопоренными машинами, на инерции движения вперед, работой машины назад погасить инерцию и, когда судно начнет движение назад, отдать якорь. Важно дать якорю возможность забрать грунт, затем свободно травить якорь-цепь. В момент отдачи якоря определить место, заметить курс судна. Описав вокруг обсервованного места зону безопасности, убедиться в безопасности стоянки.

Если по условиям рейда судно вынуждено подходить к месту якорной стоянки под углом к ветру или течению, якорь следует отдавать с наветренного борта, в противном случае якорь-цепь пойдет под корпус либо через форштевень на излом, что может привести к утере якоря и повреждению корпуса судна.

В стесненных акваториях якорь можно отдавать и на переднем ходу, при скорости 0,2–0,5 м/с. В момент отдачи якоря отработать машиной назад и на малой инерции переднего хода отдать якорь и травить якорь-цепь.

На большой скорости судна якорь можно отдавать лишь в случаях крайней необходимости для избежания реальной возможности навала или столкновения. В этом случае необходимо умело сдерживать вытравливание якорь-цепи ленточным стопором. Резко задержанная якорь-цепь будет проскакивать через звездочку брашпиля, при этом может произойти разрыв якорь-цепи либо авария брашпиля.

При оценке зоны безопасности большую роль играет опыт и глазомерный расчет. Судоводитель должен себе ясно представлять, какое положение займет судно после постановки на якорь.

Уменьшить зону навигационной безопасности можно путем постановки на два якоря, что уменьшит радиус циркуляции судна. Это практикуется на стесненных открытых рейдах, где стоянка на одном якорю с большим количеством вытравленной якорь-цепи невозможна.

Пространство для якорной стоянки достаточно, если свободная акватория превышает окружность с радиусом, равным длине судна L и длине вытравленной якорной цепи l плюс запас безопасности Δl для вытравливания дополнительного количества якорь-цепи при необходимости:

$$R \geq L + l + \Delta l$$

Пространство с радиусом R и будет зоной безопасности для данного судна при стоянке на якорю.

На глубинах, превышающих 25 м, следует учитывать горизонтальную проекцию якорь-цепи на грунт:

$$l' = \sqrt{l^2 - l_k^2}$$

где l' — горизонтальная проекция якорь-цепи;

l_k — высота клюза над грунтом, м.

Приближенный расчет длины якорь-цепи при кратковременных стоянках в благоприятных условиях:

$$l = 25\sqrt{H}$$

где l — длина якорь-цепи;

H — глубина места.

При неблагоприятных условиях стоянки (при ветре, волнении), когда якорь-цепь испытывает рывки, длина ее должна быть увеличена в соответствии с условиями стоянки. При всех обстоятельствах длина якорь-цепи должна обеспечивать горизонтальное положение якоря и быть достаточной, чтобы обезопасить якорь от рывков. При расчете необходимого количества якорь-цепи для обеспечения безопасности стоянки следует учитывать габариты судна и особенно площадь парусности, площадь погруженной части мидель-шпангоута, глубины места и характер грунта,

державшую силу якоря и прочность якорь-цепи, прогноз погоды, действующие гидрометеорологические факторы: ветер, течение, волнение. Поведение судна на якорной стоянке в условиях штормовой погоды во многом зависит от особенностей судна и от искусства судоводителя.

Глубины места якорной стоянки должны на малую воду удовлетворять условию:

$$H \geq T_{\text{МАКС}} + Z_H + 0,6h_B$$

где H — глубина места якорной стоянки;

$T_{\text{МАКС}}$ — максимальная осадка судна;

Z_H — навигационный запас глубины, зависящий от типа судна, его длины и осадки, качества грунта (навигационный запас глубины колеблется в пределах $0,30 \div 1,60$ м);

h_B — высота волны для данного района, для закрытых портов и каналов полного профиля h_B практически равно нулю.

Наименьший навигационный запас — для малотоннажных судов, на илистом грунте, наибольший — для судов длиной свыше 250 м на скальном грунте.

Характер грунта можно определить путем анализа записи эхо-сигналов на самописце эхолота:

- скальный грунт дает четкую, резко очерченную линию рельефа дна;
- мягкий грунт (ил, песок) — линию, размытую, с полутонами.

Варианты маневрирования при постановке судна на якорь приведены на рис. 15.

При постановке на якорь с переднего хода при попутном ветре или течении подход к месту якорной стоянки осуществляется на самом малом ходу, при котором судно не теряет управляемости. На подходе к точке для постановки на якорь переложить руль на борт и на развороте отдать внутренний (с точки зрения циркуляции судна) якорь, потравить якорь-цепь примерно на полторы глубины и задержать ее. Судно выйдет носом на ветер или течение, после чего постепенно потравить намеченное количество якорь-

цепи. Скорость вытравливания якорь-цепи следует регулировать ленточным, стопором.

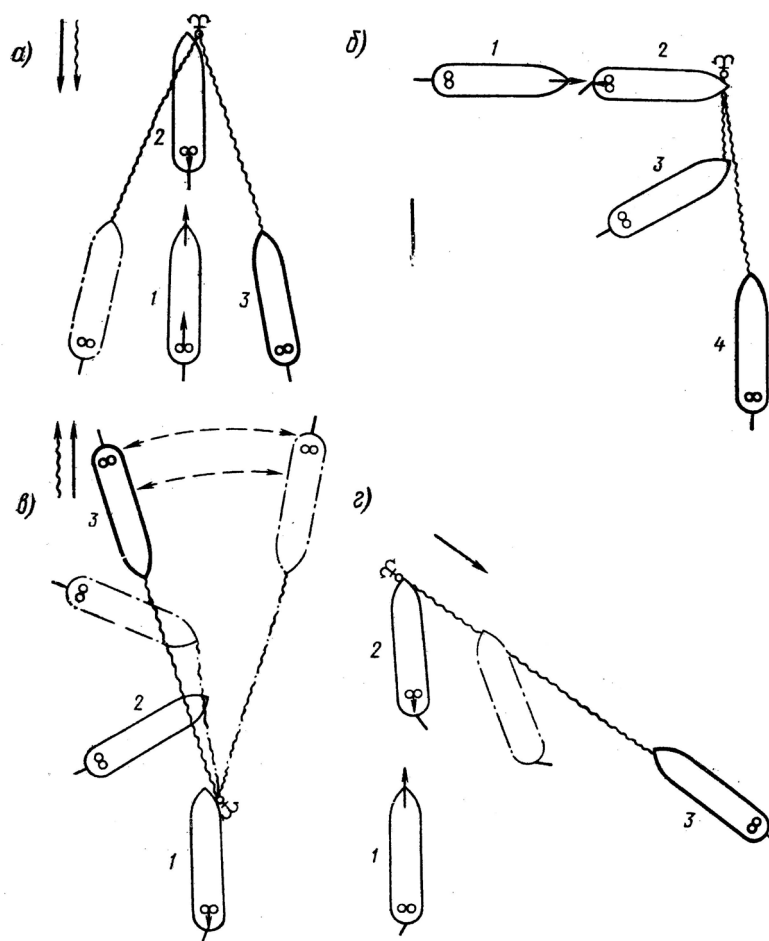


Рис. 15. Постановка судна на якорь:

а — при встречном ветре и течении; *б* — при ветре галфинд левого бортам—при попутном ветре и течении; *в* — при ветре бейдевинд левого галса:
1—4 — положения судна

В штормовую погоду привести судно носом к ветру и отдать якорь в тот момент, когда судно остановится и нос его только начнет уваливать под ветер. Своевременная отдача якоря позволит избежать разворота судна лагом к ветру и значительного дрейфа.

При постановке на якорь при свежем ветре и волнении в целях предохранения якорь-цепи от рывков и возможности обрыва следует подрабатывать машиной. Это позволит предупредить стремительный снос судна и предохранить якорь от обрыва.

На глубинах, превышающих 40 м, и в местах со скалистым грунтом необходимо травить якорь на грунт брашпилем, после чего разобщить брашпиль и травить якорь-цепь обычным способом, притормаживая скорость вытравливания ленточным стопором.

На глубинах, превышающих 100—120 м, постановка на якорь опасна, так как возможно повреждение якорного устройства.

На очень больших глубинах предпочтительнее и безопаснее лежать в дрейфе.

Особую предосторожность нужно соблюдать при отдаче якоря на судах, имеющих в носовой части судна бульб — приспособление для уменьшения сопротивления воды движению судна. Перед отдачей якоря судно, оборудованное бульбом, подводят к якорному месту курсом бейдевинд, отдают якорь с наветренного борта и одновременно работают машиной назад так, чтобы якорь-цепь смотрела вперед и в сторону и не легла на бульб.

При наличии малого запаса воды под килем судна постановка на якорь на переднем ходу недопустима вследствие возможности повреждения корпуса судна о свой якорь.

При стоянке на малых глубинах необходимо особое внимание уделять состоянию погоды, направлению ветра и связанному с этим уровню воды. Под килем судна должен быть всегда обеспечен навигационный запас воды с поправкой на волнение. При первых признаках спада воды необходимо перейти на безопасную глубину.

На скальных грунтах, изобилующих большими перепадами глубин, следует особо внимательно контролировать место судна, так как якорь может сползти на большую глубину и судно окажется в дрейфе. На скалистых, плохо держащих якорь грунтах следует травить на одну-две смычки якорь-цепи больше, чем обычно.

При стоянке на якоре, особенно на больших глубинах, следует иметь резерв не менее одной смычки якорь-цепи, чтобы при ухудшении погоды либо при другой необходимости потравить ее. Однако ни при каких

обстоятельствах не следует травить якорь-цепь до жвака-галса и передавать на него натяжение цепи, так как может самопроизвольно отдаться глаголь-гак либо лопнуть жвака-галс, который не рассчитан на нагрузку, предназначенную для якорь-цепи.

ПОСТАНОВКА СУДНА НА ДВА ЯКОРЯ И НА БОЧКИ

Постановку судна на два якоря и на бочки практикуют для обеспечения безопасности стоянки в штормовых условиях, в случаях, когда держащая сила одного якоря может оказаться недостаточной, при значительных приливо-отливных течениях, для уменьшения радиуса циркуляции при стоянке на стесненных рейдах, для уменьшения размаха рыскания судна в условиях сильного ветра и волнения (рис. 16, 17).

Применяются также специальные способы постановки судна на два якоря с целью создания наибольших преимуществ в определенных условиях якорной стоянки и при стоянках с целевым назначением («фертоинг», «гусек», «на шпринг», «тандем») и на бочки.

Общие случаи постановки судна на два якоря с хода

Подход к месту якорной стоянки при боковом ветре (течении). Подходят к месту якорной стоянки на небольшой скорости переднего хода, отдают наветренный якорь, слабо травят якорь-цепь и кладут руль в сторону наветренного борта (с расчетом вывести судно против ветра (течения), пройдя расстояние, достаточное для разноса якорей, стопорят машину, гасят инерцию судна отработкой машины назад и отдают второй якорь, травят якорь-цепь и, спускаясь по ветру, уравнивают якорь-цепи. Угол разноса якорей 40-90°.

Подход к месту якорной стоянки при попутном ветре. На инерции переднего хода отдать наветренный якорь, переложить руль в сторону отданного якоря, травить якорь-цепь; судно будет разворачиваться носом к ветру и постепенно выходить на якорь-цепь. Потравливая при необходимости якорь-цепь первого якоря, переложить руль в сторону,

противоположную отданному якорю, и малым ходом подойти к точке отдачи второго якоря, погасить инерцию судна, отдать второй якорь и травить его якорь-цепь. Спускаясь по ветру, уравнять якорь-цепи.

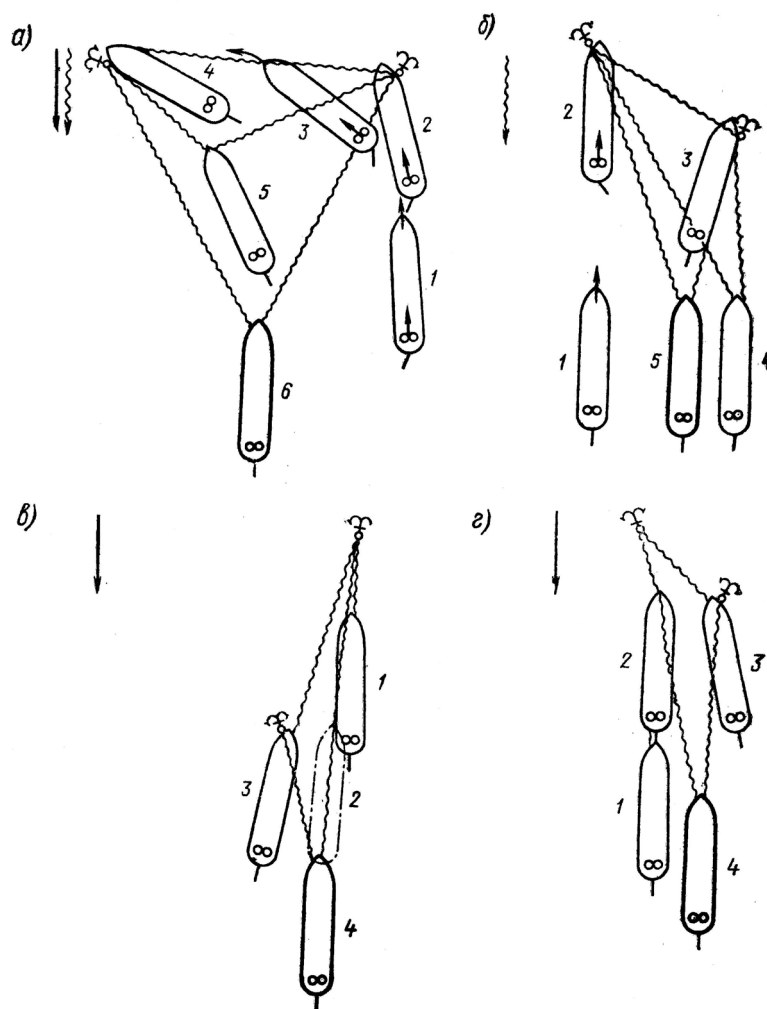


Рис. 16. постановка судна на два якоря:

а - на ветре и течении; б – на течении; в, г, - постановка на второй якорь («тандем»), когда машина не работает; 1-6 – положение судна.

Специальные случаи постановки судна на два якоря. *Способ «фертоинг».* Такой способ, когда, угол разноса якорей $120-180^\circ$, применяется при наличии приливо-отливных течений — для уменьшения циркуляции судна.

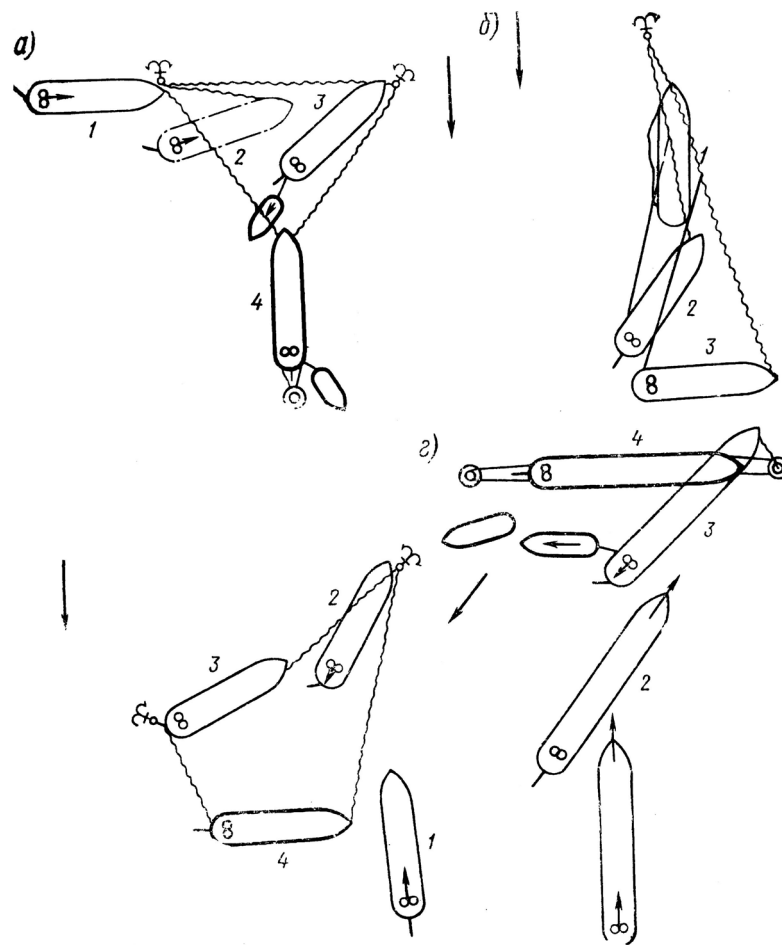


Рис. 17. постановка судна на якорь и на бочки:

а - на два якоря и бочку; б – на шпринг; в - на носовой и кормовой якоря;
г – на бочку; 1-4 – положение судна.

Подходить к месту якорной стоянки следует при боковом ветре. Следуя малым ходом, отдать якорь с наветренного борта, травить якорь-цепь, пройти расстояние, превышающее удвоенную длину якорь-цепи, необходимое для стоянки, застопорить машину, погасить инерцию движения судна и положить второй якорь. Потравливая якорь-цепь второго якоря и подбирая якорь-цепь первого, уравнивать их.

Зона навигационной безопасности судна при стоянке способом фертонг будет не в виде круга, как обычно на якорной стоянке, а в виде эллипса. Длина большой оси эллипса стоянки судна

$$a = 2l \sin \frac{q}{2}$$

где $2l$ — сумма длин вытравленных якорь-цепей;

q — угол разноса якоря-цепей.

Длина малой оси эллипса стоянки судна зависит от угла разноса цепи и максимальной длины судна.

Постановка «на шпринг» обычно применяется при грузовых операциях, когда необходимо поставить судно под углом к линии ветра (течения) и прикрыть грузовые плавсредства.

К якорь-цепи закрепить стальной трос-шпринг, второй конец которого обнести и закрепить на корме судна; травить якорь-цепь вместе с тросом до тех пор, пока судно не расположится под заданным углом к линии ветра. Вместо шпринга может быть использован кормовой якорь либо верп.

Постановка на два якоря «гуськом» применяется при длительных стоянках в районах действия приливоотливочных течений и ветров разных направлений. Преимущество: судно стоит на двух якорях, элемент скручивания цепей отсутствует.

Отдать обычным порядком становой якорь, вытравить две-три смычки якорь-цепи, вывести за борт и присоединить к якорь-цепи станового якоря запасной якорь, вытравить нужное количество якорь-цепи так, чтобы оба якоря забрали грунт и не чувствовали рывков на зыби.

Постановка судна на второй якорь при неработающей машине (тандем). Подобрать якорь-цепь отданного якоря, выждать, когда судно рыскнет на возможно больший угол в сторону, противоположную отданному якорю, и отдать второй якорь. Потравить цепи обоих якорей, ориентируясь на длину якорь-цепи первого якоря.

Постановка судна на якорь в узком проходе и на фарватере. Согласно МППСС, любое судно, если позволяют обстоятельства, должно избегать постановки на якорь в узком проходе.

При вынужденной постановке на якорь в узком проходе суда должны,

по возможности, отойти от оси в сторону бровки, которая находится с правого борта, либо за бровку, если позволяет осадка судна. Место стоянки должно быть выбрано так, чтобы не препятствовать судам, следующим узким проходом либо фарватером, и не закрывать навигационное ограждение.

Готовность к маневрам при стоянке на якоре. При стоянке на якоре срок готовности машины должен обеспечивать безопасность судна. Необходимо регулярно проверять с помощью контрольного пеленгования, замера глубин местоположение судна с тем, чтобы своевременно определить начало дрейфа судна, если таковой возникнет, для принятия мер по обеспечению безопасности судна.

При стоянке на малых глубинах и в районе действия приливо-отливных течений следить за переменной ветра, изменением направления и скорости течения, колебанием уровня воды с тем, чтобы предупредить посадку судна на мель. При обнаружении опасного спада воды перейти на безопасную глубину.

На открытых рейдах, на ненадежных якорных стоянках особо следить за прогнозом погоды и местными признаками (резкое понижение давления, неустойчивость ветра, появление зыби и др.) с тем, чтобы при необходимости своевременно потравить якорь-цепь, отдать второй якорь, забалластировать либо удифферентовать судно, подрабатывая машиной и действуя рулем, облегчить нагрузку на якорь-цепь либо, когда стоянка небезопасна, сменить якорное место, уйти в укрытие.

Необходимо учитывать, что дрейф судна, стоящего на якоре, приводит к большим напряжениям якорь-цепи и грозит обрывом якоря.

Смена места якорной стоянки путем дрейфа даже на небольшие расстояния недопустима.

При стоянке судна на якоре в ледовой обстановке особую опасность представляет подвижка льда. При значительной толщине льда корпус судна и якорь-цепь испытывают большие нагрузки. В таких случаях любое количество вытравленной якорь-цепи не предотвратит дрейф судна, более

того, приведет к утере якоря. При подвижке льда необходимо принять экстренные меры для съемки с якоря. При выборке якоря работой машины вперед облегчают натяжение якорь-цепи и, в зависимости от обстоятельств, ложатся в дрейф либо уходят в безопасную зону.

МАНЕВРИРОВАНИЕ ПРИ СЪЕМКЕ С ЯКОРЯ

При съемке с якоря необходимо предварительно наметить план съемки с якоря и выхода судна из района стоянки, привести судно в походное состояние.

Обычная съемка с якоря при благоприятной обстановке, в заранее назначенное время, на свободной акватории не сопряжена с трудностями, но, как любое маневрирование, требует внимания и четкости в работе. Съемка с якоря на стесненной акватории в том случае, если судно не стоит носом на выход, выполняется с разворотом на предварительно подобранном якоре и маневрированием машины переменными ходами и перекладкой руля. В этом случае следует переложить руль на тот борт, с которого отдан якорь, и развернуть судно, как на шпринге. Разворот судна может быть выполнен подруливающими устройствами либо буксирами-кантовщиками. Разворот на якоре значительно уменьшает радиус циркуляции судна.

При съемке с якоря в свежую погоду необходимо не дать судну возможность увалить под ветер, для чего, подрабатывая машиной и рулем, удерживают судно в нужном направлении и в момент выхода якоря из воды дают ход машине и выходят из района якорной стоянки. В случаях, когда при выборе якоря якорь-цепь пойдет через форштень, необходимо приостановить выборку до тех пор, пока якорь-цепь будет свободна.

Если якорь не чист, рекомендуется отдать другой якорь либо лечь в дрейф, пока будут выполняться работы по очистке якоря. При съемке с двух якорей один можно выбрать заблаговременно, а второй — к моменту съемки. При небольшом угле разноса якорей можно выбирать оба якоря одновременно до тех пор, пока это возможно. Затем брашпиль разобщить и закончить выборку якорей отдельно.

Когда судно стоит на двух якорях с большим углом их разноса первым следует выбирать якорь неработающий — подветренный (по течению), затем обычным порядком — второй.

Съемка с якоря в ледовых условиях, в битом или молодом льду, производится так же, как и съемка с якоря на чистой воде. В случаях, когда якорь-цепь с трудом прорезает толщу льда, необходимо активно использовать машину, чтобы корпусом судна пробить канал в направлении якоря. При этом следует оберегать от повреждения винторулевую группу судна.

Вынужденная съемка с якоря может быть вызвана подвижкой льда и возникновением по этой причине дрейфа. В этом случае недопустимы попытки удержать судно путем вытравливания большого количества якорь-цепи либо отдачей второго якоря.

В случаях, когда на якорной стоянке судно застигнуто сильным штормом и, несмотря на принятые меры, не представляется возможным удержать судно и предотвратить опасный дрейф, необходимо сняться с якоря и, если нет возможности укрыться от шторма, выйти штормовать в море. При выборке якорей соблюдать особую осторожность: при восхождении носа судна на гребень волны приостанавливать брашпиль, чтобы не повредить его и избежать обрыва якорь-цепи.

На крупной зыби корпус судна испытывает сильные удары волн, при этом якорь-цепь подвергается чрезмерному напряжению и рывкам.

Если выбрать якорь нет возможности, следует разобщить якорь-цепь на соединительной скобе и бросить якорь, заранее прикрепив к его якорь-цепи буйки на буйрепах. В исключительных случаях, когда не представляется возможным подобрать якорь-цепи, надо либо расклепать их, либо, если недостаток времени и наличие опасностей угрожают судну, следует вытравить якорь-цепи до жвака-галса, разобщить глаголь-гак и бросить якорь-цепи в море, прикрепив к ним буйки.

МАНЕВРИРОВАНИЕ ПРИ ШВАРТОВНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Швартовка судна к причалу. Швартовные операции — это маневры постановки судна к причалу, к борту другого судна либо на швартовные бочки. Выбор способа маневрирования и швартовки судна диктуется обстоятельствами конкретной операции, с учетом возможностей порта и судна. При этом принимаются во внимание расположение причала и длина его свободной части, расположение порталных кранов, степень стесненности акватории, наличие буксирных судов, возможность выполнения грузовых операций, условия стоянки судна и отхода его от причала, осадка судна и его маневренные качества, состояние погоды, направление ветра и течения, амплитуда колебания уровня воды, а также другие обстоятельства, которые могут влиять на маневренность судна, его швартовку, грузовые операции и отход. Действие всех факторов, влияющих на безопасность судна, следует учитывать в их совокупности.

Процесс подхода судна к причалу и швартовки состоит из ряда различных по своему характеру маневров судна: вход в порт и маневры на подходе к причалу, разворот судна и удержание его в определенном, заданном относительно причала положении на время подачи и крепления швартовных тросов — это наиболее ответственный период, во время которого судно должно свести к минимуму свой ход и дрейф, т.е. практически удерживаться на месте. Задача удержания судна на месте осуществляется с помощью средств активного управления, с использованием якорного и швартовного устройств и буксиров.

Безопасные условия швартовки судна к причалу такие, при которых нагрузки от навала на причал не превышают допустимых для корпуса судна, а деформация причального сооружения и отбойных приспособлений остается в пределах нормы.

Удержание судна без хода и дрейфа осуществляется с помощью средств активного управления руля, якорей и буксиров. Происходит процесс, при котором аэродинамические и гидродинамические нагрузки,

действующие на судно, уравниваются работой судовых средств активного управления (САУ) и работой буксиров.

Для судов малого и среднего тоннажа не обязательно удерживаться без хода и дрейфа, но скорость движения должна быть сведена к минимуму и подавать швартовы следует, когда судно приблизится к причалу.

Для обеспечения безопасной швартовки необходимо соблюдать условия, при которых нагрузки от контакта судна с причалом не превышали бы допустимых как для корпуса судна, так и для гидросооружений, энергия навала судна на причал должна быть меньше энергоемкости причальных сооружений и отбойных устройств и не должна превышать допустимых нагрузок для корпуса судна:

$$E > k \frac{mV^2}{2}$$

где E — энергоемкость причальных сооружений;

m — масса судна;

V — скорость судна, направленная нормально к линии кордона;

k — коэффициент, учитывающий внецентренность приложения нагрузки от навала судна, влияние присоединенной массы воды и другие потери энергии при навале ($k = 0,50 \div 0,65$).

Из формулы видно, что нагрузка на причал прямо пропорциональна массе судна и квадрату скорости, поэтому скорость сближения судна с причалом и угол подхода являются важнейшими факторами, влияющими на безопасность судна и причала (имеется в виду, что водоизмещение судна при данной операции — величина постоянная). Наряду с этим, чем больше энергоемкость причала и корпуса судна, тем большими могут быть скорости судна при швартовке. Сила навала определяется скоростью движения той точки корпуса судна, которая первой вступает в контакт с отбойным устройством, и расстоянием этой точки от центра тяжести судна. Сила удара возрастает с уменьшением расстояния между точкой контакта и центром тяжести судна.

Подводить судно к причалу следует таким образом, чтобы точка первого контакта корпуса судна с причалом была возможно дальше от центра тяжести судна, при этом скорость движения этой точки следует уменьшить до минимума, для чего целесообразно либо остановить движение судна, подать швартовные тросы и медленно поджиматься к причалу, либо комбинировать поступательное и вращательное движения судна (при минимальных скоростях), что уменьшит силу навала, так как векторы этих скоростей направлены в разные стороны. Практически первый контакт судна с гидросооружением должен приходиться на носовую скулу как место, наиболее удаленное от центра тяжести судна.

Подход судна к причалу нужно осуществлять на самой малой скорости, достаточной, однако, для управляемости, с таким расчетом, чтобы в нужный момент была возможность остановить судно с помощью буксиров, работой машины и якорями (рис. 18).

Практически угол подхода к причалу не должен превышать 10-15° для судов среднего тоннажа и 3–5° для крупнотоннажных судов водоизмещением от 50 до 300 тыс. т. Исключение делается лишь при свежем прижимном и отжимном ветре. В этих случаях подход к причалу допустим под более тупым углом, с возможной отдачей якоря и использованием буксиров.

Скорость подхода судна к причалу (нормально к линии кордона) зависит от его водоизмещения (табл. 2).

Таблица 2

Водоизмещение судна, т	2000	5000	10 000	20000	40 000	100 000 и более
Скорость подхода, м/с	0,20	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08

На такой скорости отбойные устройства в значительной мере поглощают кинетическую энергию навала судна на причал.

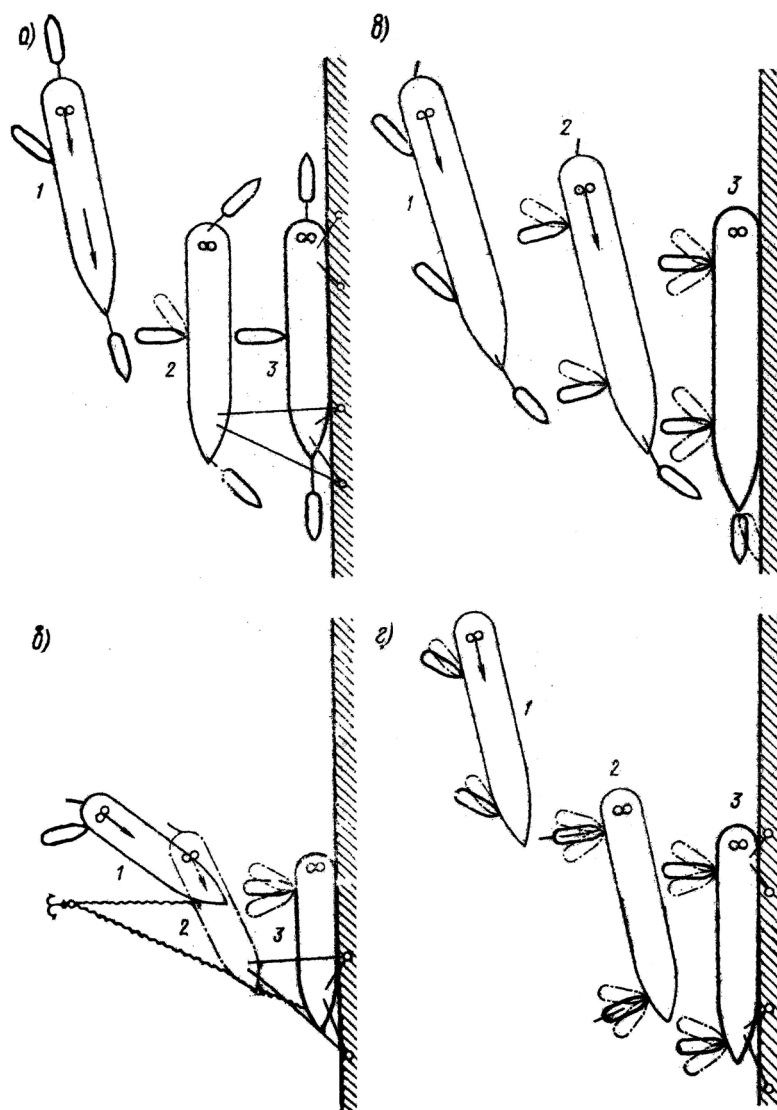


Рис. 18. Швартовка крупнотоннажных судов:

а, б – с помощью буксиров; в – с помощью одного буксира; г – левым бортом при помощи буксиров; 1-3 – положения судна

Скорость подхода судна к причалу находится также в прямой зависимости от энергоемкости отбойных устройств, гидротехнических сооружений и местной прочности корпуса судна. Чем больше суммарная, поглощаемая при деформации отбойных приспособлений энергия, тем меньше возможность деформации причала и повреждения корпуса судна.

Для обеспечения безопасности швартовки скорость движения контактирующей точки, которая определяет кинетическую энергию навала судна, не должна превышать значений, связанных с допускаемыми нагрузками на корпус судна и на причальные сооружения.

Швартовку судов следует производить с помощью буксиров-кантовщиков либо с помощью средств активного управления судном, стремясь к тому, чтобы свести к минимуму работу судовых машин на внутренней акватории портов.

Крупнотоннажные суда рекомендуется подводить к причалу под острым углом либо параллельно на некотором отдалении от него. Используя швартовные боты, подают на берег швартовные концы и с помощью буксиров и тросов поджимают судно к причалу.

При швартовке лагом к причалу следует всегда подводить нос судна раньше, чем корму, чтобы не допустить повреждения винта и руля. Следует учитывать, что струя воды от работы винта может отбить корму от стенки, а в результате привести к навалу носовой части судна на причал.

При швартовке судов в балласте, высокобортных в свежую погоду следует учитывать, что на малом ходу и при остановке дрейф значительно возрастает и судно стремится развернуться лагом к ветру. Снос судна возрастает, если ветер и течение работают в одном направлении, в этом случае маневр лучше осуществлять, работая машиной полными ходами, толчками, «не разгоняя при этом судно. Отдача якоря также облегчит маневр, улучшит управляемость судна и уменьшит скорость его движения при подходе к причалу (рис. 19). Протаскивание якоря по грунту допустимо, если позволяют глубины и характер грунта. Следует учитывать, что якорь может «забрать», если вытравлено много якорь-цепи. Это может привести к срыву маневра, а в стесненной обстановке — к резкому развороту судна на ветер и навалу кормой на причал.

Проводка и швартовка судна с неработающими машинами осуществляются с помощью трех-четырех буксиров с учетом конкретной обстановки (рис. 20).

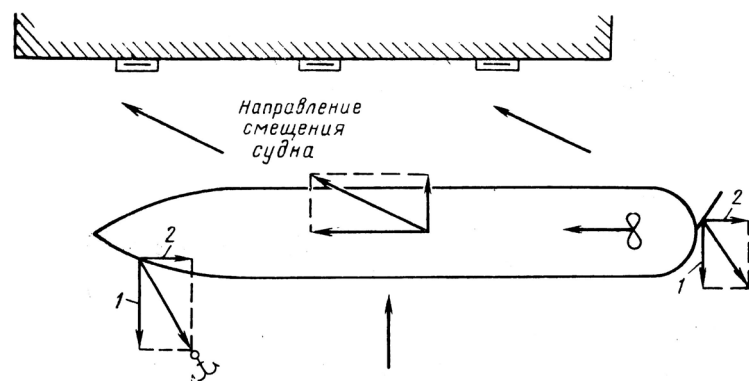


Рис. 19. Швартовка к причалу с помощью якоря:

1 – сила, удерживающая нос (корму) судна против ветра; 2- сила торможения

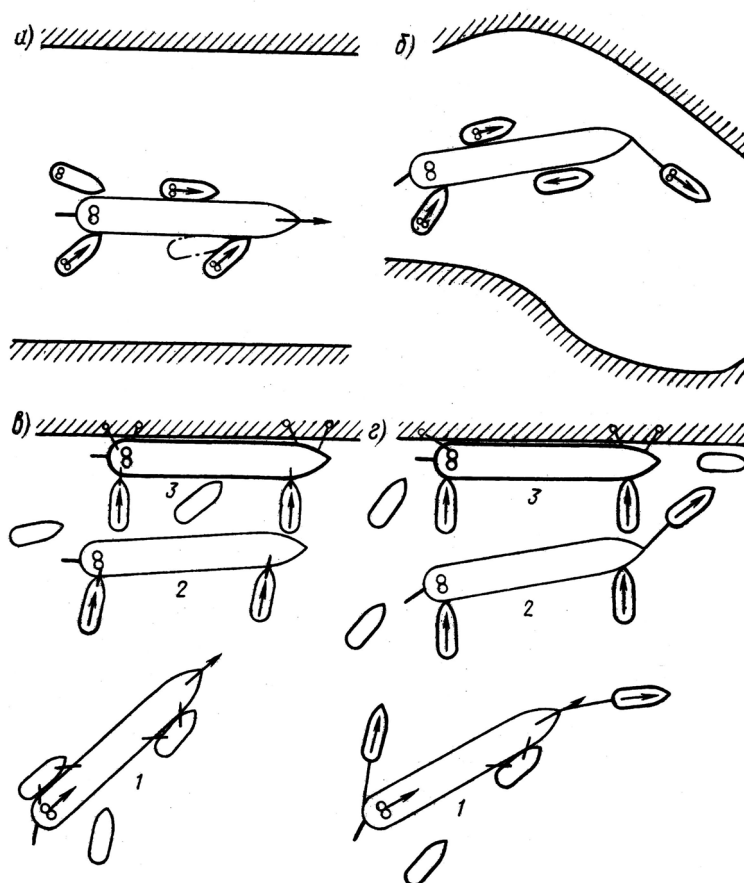


Рис. 20. Маневрирование судов:

а, б — проводка судна в стесненной обстановке с помощью буксиров (двигатель не работает; в, г — швартовка судна (двигатель не работает) в помощью буксиров;
1—3 — положения судна

Отшвартовка судна может быть выполнена самостоятельно (малые суда) либо с помощью буксиров.

Швартовка судна кормой к причалу. В зависимости от цели, продолжительности и условий стоянки осуществляется постановка судна кормой к причалу и отдачей одного или двух якорей. Стоянка на одном якоре ненадежна и осуществляется при непродолжительной стоянке судна у причала. Варианты швартовки судна кормой к причалу приведены на рис. 21.

Предварительно необходимо произвести определение места отдачи якорей с учетом длины и осадки судна, необходимого количества намеченной к вытравливанию якорь-цепи, длины швартовных тросов, рассчитать контрольные пеленги мест отдачи якорей. Положение судна должно быть перпендикулярно причальной линии.

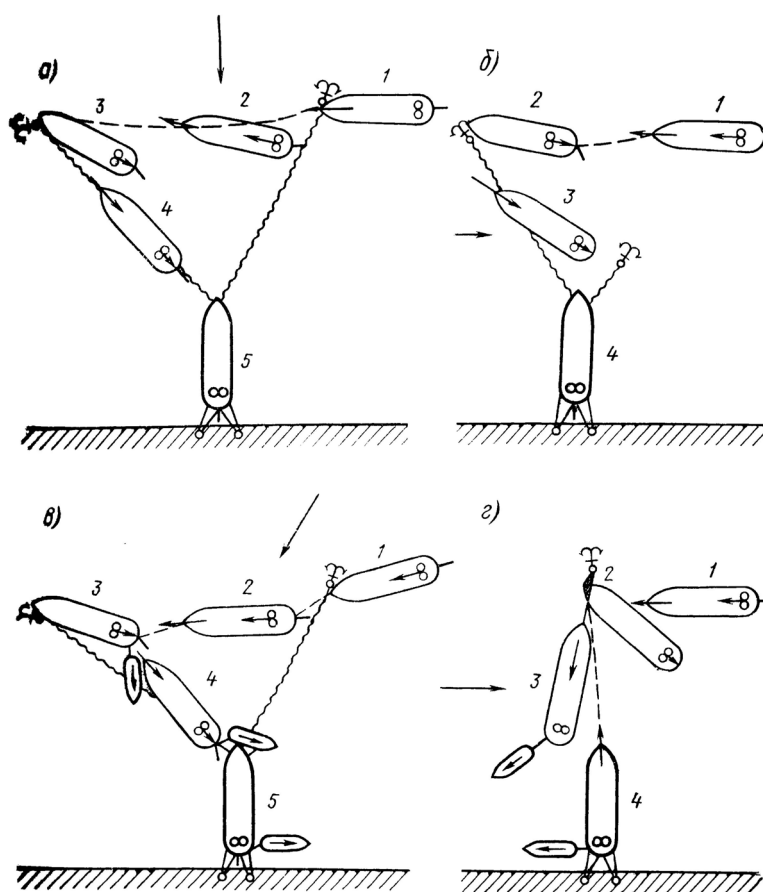


Рис. 21. Маневрирование судов:

а, б —швартовка кормой к причалу; *в, г* —швартовка кормой к причалу с помощью буксиров; *1—5* — положения судна

Разнос якорей должен быть таким, чтобы угол между направлениями якорь-цепей лежал в пределах $30\text{--}100^\circ$.

При постановке судна кормой к причалу с отдачей одного якоря местоположение якоря должно быть на одной линии с диаметральной плоскостью судна. В зависимости от условий стоянки вытравливается $100\text{--}250$ м. якорь-цепи.

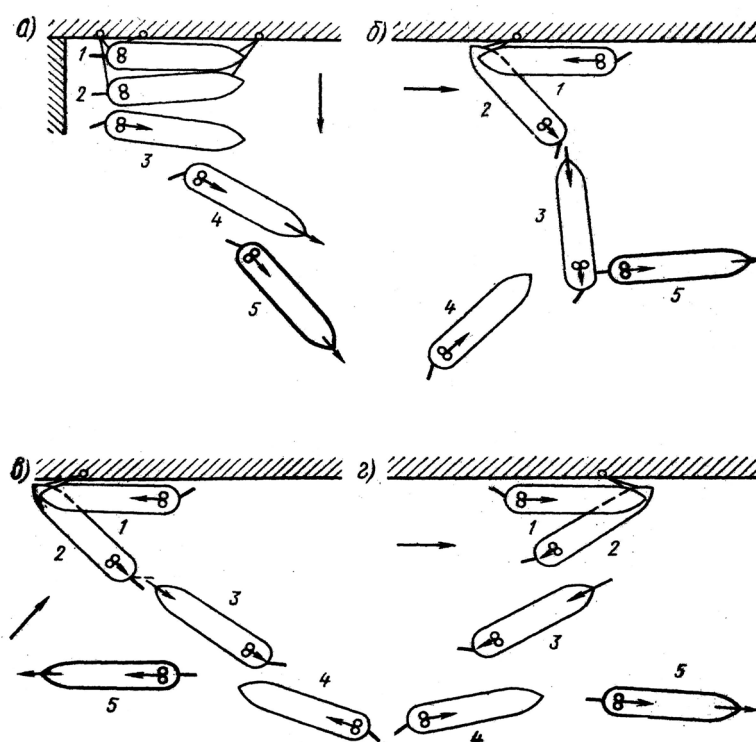


Рис. 22. Отход судна от причала без помощи буксиров:

a — при отжимном ветре; *б* — при ветре по носу вдоль причала; *в* — при ветре слева по носу; *г* — при ветре в корму вдоль причала; 1—5 — положения судна

При швартовке судна в местах с ограниченными глубинами следует учитывать возможность повреждения судна о собственный якорь и возможность повреждения движительного комплекса при движении судна кормой к причалу. В этом случае нельзя подводить корму судна ближе намеченной изобаты.

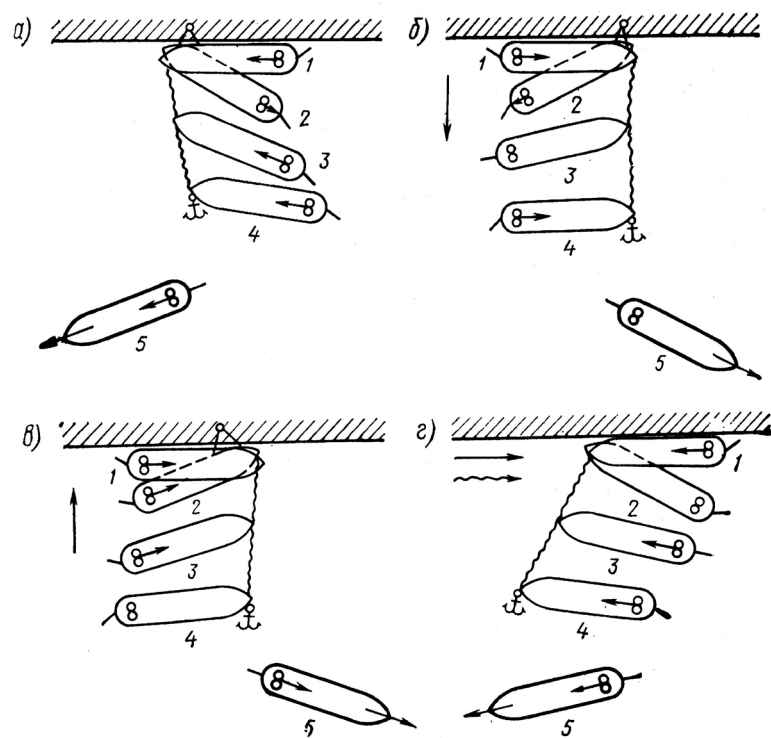


Рис. 23. Отход судна от причала с помощью якоря:
 а - в обычной обстановке; б — при отжимном ветре; в — при прижимном ветре;
 г — при ветре и течении по носу вдоль причала; 1—5 — положения судна

Швартовка судна кормой к причалу требует подходить к месту отдачи якоря малым ходом, курс судна располагать, сообразуясь с условиями гавани, направлением ветра и течения, параллельно причальной линии. В рассчитанном месте отдать якорь наружного борта и продолжать движение вперед по инерции и травить якорь-цепь. Когда судно пройдет расстояние, достаточное для разноса якорей, переложить руль в сторону отданного якоря, задержать якорь-цепь и отдать второй якорь. С помощью буксира, потравливая якорь, подвести корму судна к причалу. Закрепив тросы, подобрать слабинку якорь-цепей.

Отход судна от причала. Отход от причала осуществляется, как правило, с помощью буксиров либо с помощью якорного и швартовного устройств (малые суда). Варианты отшвартовки судов приведены на рис. 22—24. Отшвартовка выполняется с учетом особенностей судна, условий стоянки,

гидрометеорологической обстановки, наличия буксирных судов.

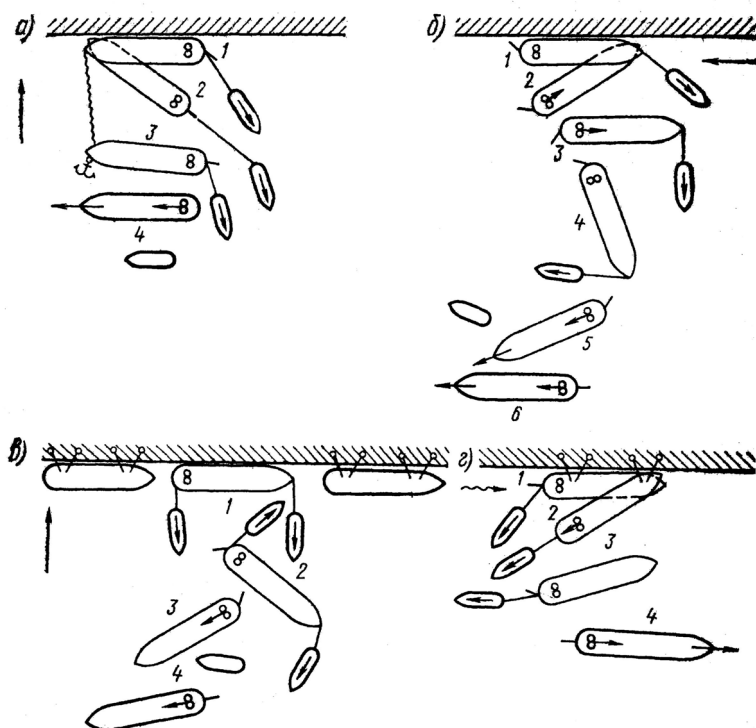


Рис. 24. Отшвартовка и отход судна от причала с помощью:

а — буксира и якоря; б — с помощью буксира; в — двух буксиров при прижимном ветре;
г — с помощью буксира на течении; 1—6 — положения судна

Постановка судна на бочки и бридели. Постановка на бочки практикуется на стесненных рейдах и в местах, где якорные стоянки ненадежны.

При подходе к бочке курс судна располагать против ветра и течения. На подходе работой машины или с помощью буксира погасить инерцию движения судна и с помощью швартовного бота подать швартовы на бочку. Подвести корму ко второй бочке, подать и обтянуть швартовы.

Швартовный трос, который надлежит отдать с бочки последним (при отшвартовке), подать серьгой и закрепить оба конца на судне. Это позволит отдать швартов без наличия людей на бочке.

Аналогичным образом осуществляется постановка на бридели — якорные цепи, которые соединены с мертвыми якорями и лежат на грунте. Местоположение бриделя обозначено, буйком, к которому закреплен стальной трос — буйреп. С помощью буйрепа бридель поднимают «на палубу и

закрепляют на судне.

Постановка на бочки и на бридели имеет несколько вариантов: на одну, на две швартовные точки и более,

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БУКСИРОВ ПРИ ШВАРТОВНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Маневрирование крупнотоннажных и средних судов в стесненных условиях портовых вод на подходах к причалу и в процессе швартовных операций осуществляется, как правило, с помощью специальных буксиров— кантовщиков (рис. 25).

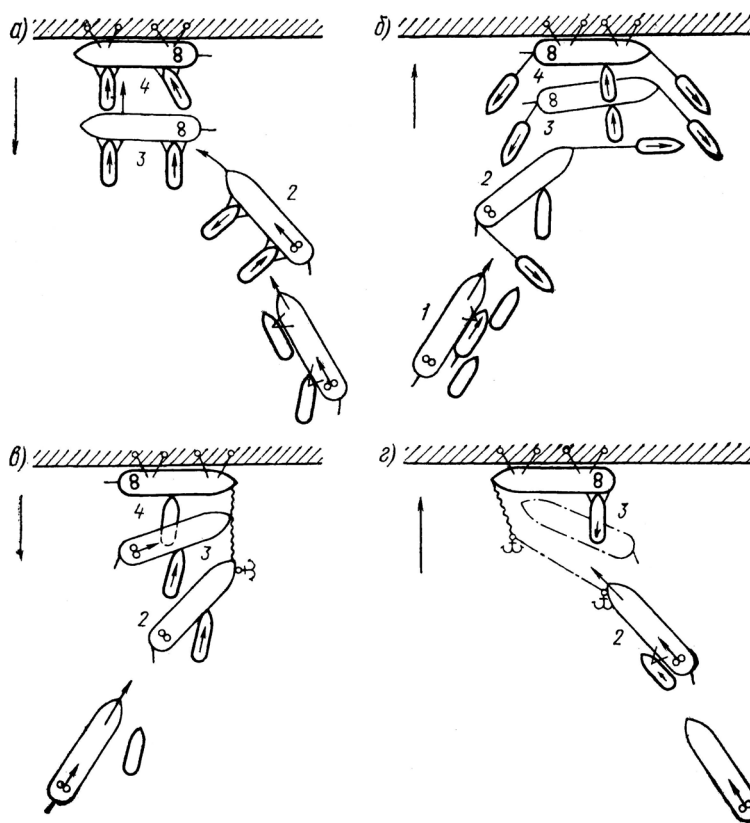


Рис. 25. Швартовка судов:

а — при отжимном ветре, буксиры работают «на битинг»; *б* — при прижимном ветре, буксиры работают методом буксировки и «на битинг» (машина на судне не работает); *в* — при отжимном ветре с помощью буксира, *г* — с помощью буксира и якоря (буксир работает «на битинг»); 1—4 — процесс швартовки

Потребное для проводки и швартовки судна количество буксиров и их мощность определяются капитаном судна и лоцманом, исходя из конкретных

условий предстоящей работы с учетом степени стесненности акватории порта, особенностей причала, состояния погоды, маневренных качеств судна.

Действие всех факторов, оказывающих влияние на выполнение маневра по проводке и швартовке судна, следует учитывать в их совокупности. При этом необходимо предусмотреть свободное пространство вокруг судна для маневрирования буксиров.

Судовая машина, якорное устройство должны быть в готовности к немедленному действию. Однако в целях безопасности судна и портовых сооружений использование судовой машины при маневрах на внутренней акватории порта должно быть сведено к минимуму.

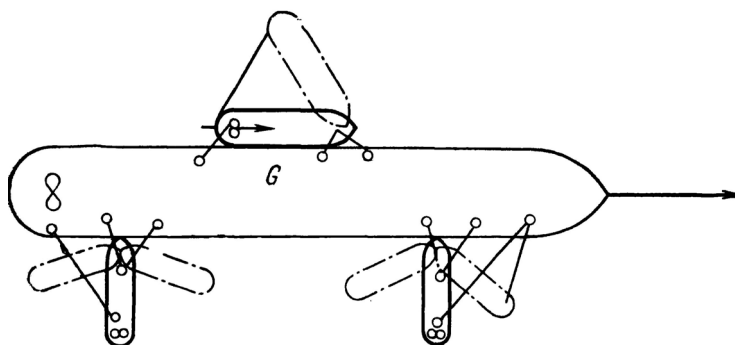


Рис. 26. Работа буксиров «на битинг» (пуш — пул)

Буксиры-кантовщики, как правило, оборудованы современными движительными комплексами — ВРШ, поворотными насадками, крыльчатыми движителями, что обеспечивает высокую степень их маневренности.

Успешное маневрирование судна с помощью буксиров обеспечивается согласованными действиями капитанов буксируемого судна и буксиров. При этом капитан буксируемого судна и лоцман должны обеспечивать безопасность работы буксиров, не превышать пределов безопасной скорости буксировки и обеспечивать эффективную работу буксиров при выполнении маневров по проводке и швартовке судна. При работе с буксирами капитан буксируемого судна должен учитывать их маневренные возможности —

поворотливость, время, потребное на выполнение заданного маневра, возможность развить ход и др.

Проводка и швартовные операции судов выполняются различными способами: буксировка на буксирных тросах, буксировка судна лагом методом «на битинг» (push — pull)¹ и методом упора (на укол») (рис. 26). Выбор способа диктуется обстоятельствами конкретной операции, при этом учитываются размеры и состояние судна, погодные условия, тактико-технические характеристики буксиров.

Практически буксировка судна на буксирных тросах в сочетании с другими способами буксировки осуществляется при проводке и швартовке судна с неработающими машинами, неисправными якорным и рулевым устройствами.

В последние годы широко применяется маневр с креплением буксиров «на битинг» к борту судна (см. рис. 29). Буксиры швартуются к судну в носовой и кормовой части с помощью троса, закрепленного на носовом битинге буксира. Такое положение буксировщика обеспечивает ему большую степень свободы маневра в любом направлении.

Маневрирование судна с помощью двух буксиров, взятых на битинг, обеспечивается работой буксировщиков в пределах полного диапазона скоростей хода и действием их рулей путем изменения положения буксировщиков относительно судна. Наибольший эффект данного метода — на малых скоростях проводимого судна (0,25—2,00 м/с), а максимальная сила упора — при расположении буксира под прямым углом к борту судна.

Работа буксира на упор, без крепления его к борту судна, применяется также широко — для поджатия судна к причалу, для разворота судна в стесненной акватории (рис. 27).

¹ Push — pull — толкай — тяни (англ.).

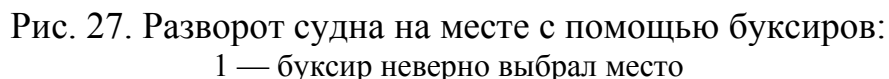


Рис. 28. Работа буксира методом «на упор» (активный руль)

Проводку и швартовку крупнотоннажных судов водоизмещением более 100000 т лучше осуществлять комбинированным методом: с носа судна работает буксир с тросом на гаке (кормовой буксир подается редко, чтобы не стеснять возможности работы судовой машины), с бортов — буксиры «на битинг», при развороте судна и кормовой его части — буксир «на упор». Работа судовых машин используется лишь в случае необходимости.

Буксиры прекращают свою работу по окончании швартовки судна либо по окончании проводки судна »а пределы порта на чистую воду. Связь между буксиром и судном осуществляется по радиотелефону.

Меры предосторожности при маневрировании судна с помощью буксиров. Принимать буксирный трос на ходу следует с большой осторожностью — направление движения судна и буксира должно совпадать, а их скорости должны быть уравнены.

При буксировке судна длина буксирного троса должна быть достаточной, чтобы обеспечить маневрирование буксира.

Начинать буксировку следует самым малым ходом, с учетом направления тяги буксира и положения его диаметральной плоскости к этому направлению, при этом чем выше взаимная скорость движения судна и буксира, тем меньше должен быть угол между диаметральной плоскостью буксира и направлением тяги во избежание случая опрокидывания буксира.

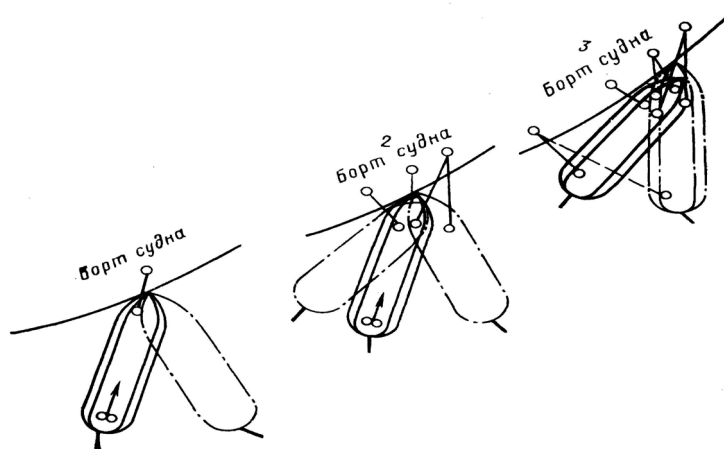


Рис. 29. Способы крепления буксира к судну при работе «на битинг» (варианты 1, 2, 3)

При работе буксира «на битинг» либо «на упор» следует избегать работы в районе носового и кормового подзоров судна — мест, где наиболее возможно соскальзывание буксира и повреждение надстроек. Буксир крепится к судну одним или несколькими тросами (рис. 29).

При работе буксиров в носовой части судна буксиры не должны подходить под становые якоря, а в кормовой части должны учитывать

возможность работы судовых винтов и влияние винтовой струи буксируемого судна.

Во время швартовных операций при движении судна к причалу не допускать, чтобы буксир находился между судном и стенкой причала.

При подходе к крутым поворотам либо в непосредственной близости причала скорость буксируемого судна должна быть сведена к минимуму с тем, чтобы исключить возможность работы буксиров с чрезмерным напряжением для торможения судна, так как это может привести к обрыву буксирного троса, создать опасность опрокидывания буксировщика, вызвать необходимость маневрирования судовой машиной и привести к другим непредвиденным обстоятельствам.

Для предупреждения возможности опрокидывания буксира необходимо соблюдать следующие условия: не допускать, чтобы находящийся под нагрузкой трос (буксирный) был направлен перпендикулярно диаметральной плоскости буксира — в этом положении буксировщик теряет способность маневрировать (динамическая нагрузка может вызвать опасный крен). При возникновении на буксировщике крена необходимо немедленно остановить машину на буксируемом судне и отдать буксирный трос.

Капитан буксируемого судна должен предупреждать буксировщиков о начале работы судовой машины и о каждом изменении ее режима.

Стоянка судна у причала. Стоянка судна у причала должна обеспечивать безопасность при всех возможных изменениях гидрометеорологической обстановки, с учетом колебания уровня воды, изменения осадки судна в процессе грузовых операций.

В настоящее время разработаны и применяются швартовные навигационные системы, включающие приборы контроля безопасного подхода и стоянки судов у причала.

Установка в кордонной линии причала приборов — тензодатчиков позволяет получать информацию о нагрузках на причал от навала судна. При нарастании волнения и толчеи приборы точно определяют момент времени, когда нагрузка на причал становится опасной.

4. МАНЕВРИРОВАНИЕ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ СОГЛАСНО МППСС–72

ПРАВИЛА ПЛАВАНИЯ И МАНЕВРИРОВАНИЯ

Правила плавания и маневрирования являются основополагающими в вопросах расхождения судов в море.

Международные правила предупреждения столкновения судов в море (МППСС) действуют в открытых морях и соединенных с ними водах, по которым могут плавать морские суда, и являются важным международным правовым актом, обеспечивающим безопасность мореплавания. Эти Правила применяются в случаях, когда суда находятся в пределах визуальной либо радиолокационной видимости и сближаются таким образом, что возникает опасность столкновения. Правила применяются в любых условиях видимости.

Условия плавания при ограниченной видимости отличаются от таковых в хорошую видимость. Плавание при ограниченной видимости имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при маневрировании с целью расхождения судов.

Для более четкого и правильного понимания правил плавания и маневрирования выработано следующее толкование основных определений: «наблюдение», «опасность столкновения».

Наблюдение. Обязанность вести постоянно надлежащее наблюдение независимо от района плавания и состояния видимости — дело первостепенной важности. Надлежащее наблюдение предусматривает использование всех имеющихся средств наблюдения в соответствии с преобладающими обстоятельствами и условиями с тем, чтобы полностью оценить ситуацию и определить, существует ли опасность столкновения.

Наблюдение ведется визуальное, слуховое, радиолокационное, с помощью оптических и технических средств, которыми располагает судно.

Как правило, сочетается зрительно-слуховое наблюдение и наблюдение с помощью технических средств в первую очередь радиолокационное, для

получения возможно полной информации об окружающей обстановке.

При обнаружении другого судна, независимо от первоначального расстояния между судами и их взаимного расположения, судоводитель обязан определить степень опасности их сближения путем наблюдения за изменением пеленга на судно и расчетов элементов движения обнаруженных судов с тем, чтобы своевременно и правильно оценить конкретную ситуацию, выявить потенциально опасное судно и выбрать маневр для расхождения.

В условиях видимости, ограниченной до 5 миль и менее, радиолокационное наблюдение обязательно.

Ситуация может быть оценена и опасность столкновения установлена только путем систематического наблюдения на экране РЛС за параметрами движения встречного судна и выполнения соответствующих расчетов и геометрических построений.

Предположения, основанные на неполной информации либо на радиолокационном наблюдении, не подкрепленном расчетами, опасны.

Важнейшим элементом в оценке наличия опасности столкновения является оценка начальной ситуации, наблюдаемой на экране РЛС, и определяемых параметров цели.

Опасность столкновения существует, если линия относительного движения своего и встречного судна (ЛОД) проходит через начало развертки экрана либо вблизи него.

Непрерывное радиолокационное наблюдение, четкое представление возможных случаев перемещения цели, видоизменения – векторных треугольников скоростей при маневрировании помогут судоводителю выбрать способ маневрирования, наиболее отвечающий сложившейся конкретной обстановке.

Опасность столкновения. Основанием для маневра с целью расхождения судов является угроза столкновения. Нет опасности столкновения — нет необходимости маневрировать.

Маневр, выполненный в рамках Правил, должен обеспечить безопасное

расхождение судов в конкретной ситуации.

Опасность столкновения возникает в случаях, когда суда, следуя первоначальными курсами и скоростями, одновременно придут в точку пересечения курсов.

Для принятия решения о манере расхождения с другим судном важно прежде всего оценить ситуацию и определить, существует ли опасность столкновения.

Опасное, чрезмерное сближение определяется заданным судоводителем кратчайшим расстоянием расхождения, рассчитанным в результате радиолокационных наблюдений. Кратчайшее расстояние расхождения назначается с учетом конкретных условий и факторов, характеризующих обстоятельства сближения судов, при этом принимаются во внимание скорости судов, относительная скорость сближения, относительное положение встречного судна, его ракурс и предшествовавшее развитие ситуации сближения, состояние погоды и видимости, маневренные качества своего судна, стесненность обстановки, наличие судов и другие обстоятельства, могущие оказать влияние на дальнейший ход событий.

Признаком существования опасности критического сближения и, следовательно, опасности столкновения является малое изменение либо постоянств пеленга на встречное судно при сокращении расстояния между судами.

Однако следует помнить, что при определенных обстоятельствах опасность столкновения может иметь место и при заметном изменении пеленга (сближении с большим судном, буксиром либо на малом расстоянии между судами).

В случаях, когда возникают сомнения в отношении наличия опасности столкновения, следует считать опасность столкновения существующей и соответственно принимать меры для безопасного расхождения судов. Так, например, если встречное судно обнаружено на расстоянии менее двух миль и нет времени для определения параметров движения этого судна, следует считать, что существует опасность столкновения.

Ситуация, при которой существует опасность столкновения, требует от

судоводителя принятия заблаговременных мер для предупреждения чрезмерного сближения судов, так как с уменьшением дистанции между судами и сокращением фактора времени ограничивается выбор маневра, возникает возможность непредвиденного маневра другого судна, опасность сближения судов на критическое расстояние становится реальной.

Запоздалый маневр с целью расхождения может привести к обострению ситуации, к последующему маневрированию судов в опасной близости, к рискованным крайним мерам.

Выбор маневра для расхождения зависит не только от элементов сближения судов, но и регламентируется МТШСС. Так, например, если судно уступает дорогу другому судну путем изменения курса, то отворот вправо при этом предпочтительнее.

Безопасная скорость — скорость, с которой, применительно к конкретным условиям плавания, должно следовать судно, чтобы предпринять надлежащие и эффективные действия для своевременной его остановки на достаточном расстоянии от возможного объекта столкновения.

При выборе величины безопасной скорости следует учитывать конкретную обстановку и совокупность факторов, влияющих на безопасность плавания:

- дальность визуальной видимости;
- гидрометеорологические условия плавания (течение, ветер, ледовая обстановка);
- тормозной путь при соответствующей скорости судна и отработке машиной полным ходом назад;
- навигационная обстановка (стесненные воды, открытое море, плотность движения судов, характеристика глубин, наличие навигационных опасностей);
- размеры судна, его маневренные качества, соотношение осадки судна и глубины;
- степень оснащённости судна навигационными средствами

наблюдения, использование РЛС, характеристики радиолокационного оборудования, помехи РЛС от состояния моря, метеорологические факторы, мертвая зона, закрытые для наблюдения секторы РЛС;

— наличие фона освещения, оценка дальности видимости.

Безопасная скорость должна быть соблюдена всегда применительно к условиям плавания в соответствии с МППСС. При определенных условиях безопасная скорость может соответствовать движению судна самым малым, либо полным ходом в зависимости от обстоятельств.

Величина безопасной скорости и длина тормозного пути судна взаимосвязаны:

$$V_{\sigma} = f(S_v) \text{ и } S_v = f(V_{\sigma})$$

где V_{σ} — безопасная скорость;

S_v — тормозной путь при соответствующей ему скорости.

Радиус зоны опасного сближения по М.М.Лескову:

$$R_{\sigma} \geq 2S_v + a$$

где a — поправка ($\approx 0,1$) используемой шкалы дальности РЛС, учитывающая возможность обнаружения и компенсации неблагоприятного маневра, предпринятого другим судном, откуда $S \leq \frac{R_{\sigma} - a}{2}$, т.е. тормозной путь при V_{σ} судна не должен превышать полуразности радиуса опасной зоны и поправки a .

Данная формула увязывает скорость судна с дистанцией расхождения, что отвечает требованию, предъявляемому к безопасной скорости.

Величина безопасной скорости для конкретного судна зависит от конкретных условий плавания (видимости), маневренных возможностей судна.

Оценка дальности видимости является субъективным восприятием и у различных наблюдателей может значительно отличаться. Дальность видимости цели также зависит от цвета, фона, контрастности окружающей среды.

При переменной видимости, когда туман идет волнами либо меняется интенсивность осадков, безопасную скорость следует назначать исходя из

условий наименьшей дальности видимости.

При плавании в условиях ограниченной видимости или вблизи таких районов МППСС предписывают: каждое судно должно следовать с безопасной скоростью, установленной применительно к преобладающим обстоятельствам и условиям ограниченной видимости, тщательно сообразовывая свои действия с обстоятельствами плавания и условиями видимости.

МАНЕВРИРОВАНИЕ ПРИ РАСХОЖДЕНИИ СУДОВ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ВИДУ ДРУГ У ДРУГА

Расхождение судов на встречных курсах. Когда два судна с механическими двигателями сближаются на противоположных курсах так, что возникает опасность столкновения, каждое из этих судов должно изменить свой курс вправо, чтобы они разошлись левыми бортами.

В этой ситуации нет привилегированного судна и судна, обязанного уступить дорогу. Обоим судам, идущим контркурсами прямо друг на друга, предписано изменить свой курс вправо и разойтись левыми бортами.

То, что суда следуют прямо или почти прямо встречными курсами, определяют визуально, когда судно видит другое судно прямо или почти прямо по курсу. При возникновении сомнения в существовании такой ситуации следует считать, что она существует.

Определив ситуацию, судно должно изменить свой курс вправо заблаговременно с расчетом, чтобы безопасность расхождения была обеспечена маневром одного судна (рис. 30).

Величина изменения курса вправо должна быть значительной с тем, чтобы этот маневр был ясно различим с другого судна.

Недопустимы последовательные отвороты вправо на небольшие углы, так как это может ввести в заблуждение встречное судно, привести к возникновению аварийной ситуации.

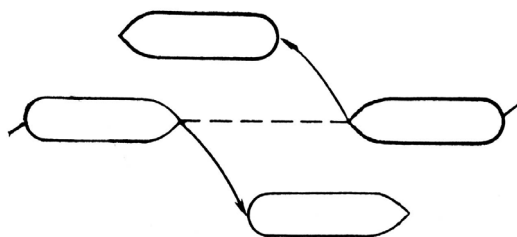


Рис. 30. Расхождение встречных судов (Правило 14 МППСС)

В сомнительных случаях следует заблаговременно «предпринять действие на расхождение левыми бортами — изменить свой курс вправо.

Расхождение судов на пересекающихся курсах. Когда два судна идут пересекающимися курсами так, что возникает опасность столкновения, то судно, которое имеет другое на своей правой стороне, должно уступить дорогу другому судну и при этом должно, если позволяют обстоятельства, избегать пересечения курса другого судна у него по носу (рис. 31).

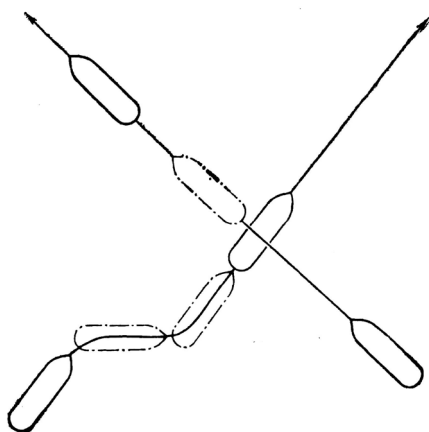


Рис. 31. Расхождение судов на пересекающихся курсах (Правило 15 МППСС)

Судно, которое обязано уступить дорогу другому судну, должно, насколько это возможно, предпринять заблаговременные и решительные действия, чтобы чисто разойтись с другим судном, при этом судно, которому должны уступить дорогу, должно сохранить свой курс и скорость, контролируя, насколько четко и своевременно другое судно выполняет предписанные ему действия и являются ли эти действия своевременными и

достаточными для безопасного расхождения. В противном случае судно, которому должны уступить дорогу, может предпринять действие, чтобы избежать столкновения только собственным маневром.

Судно, которое согласно Правилам должно уступить дорогу другому судну, действует самостоятельно, исходя из конкретной обстановки, как уступить дорогу — изменением курса или скорости либо курса и скорости одновременно. При изменении курса необходимо учитывать следующее: не приведет ли это изменение к чрезмерному сближению с другими судами, имеется ли свободное пространство. Изменение курса и скорости должно быть достаточно большим, чтобы другое судно могло легко заметить этот маневр.

Недопустимы последовательные небольшие изменения курса и скорости.

Судно, которому уступают дорогу, должно следовать постоянными курсом и скоростью, удерживаясь при этом как можно точнее на курсе, чтобы случайные рыскания не могли быть приняты уступающим дорогу судном за начало поворота. Особенно это важно при малом расстоянии между судами.

Маневр по расхождению судов должен сопровождаться установленными Правилами звуковыми и дублирующими их световыми сигналами.

Когда по какой-либо причине судно, обязанное сохранять курс и скорость, обнаруживает, что оно находится настолько близко к другому судну, что столкновения нельзя избежать, надеясь только на действия судна, уступающего дорогу, оно должно предпринять такое действие, которое наилучшим образом может предотвратить столкновение, при этом оно не должно, если позволяют обстоятельства, изменять курс влево, если другое судно находится слева от него.

Однако это обстоятельство не освобождает судно, обязанное уступать дорогу, от выполнения этой обязанности.

Признаком успешного выполнения маневра на расхождение судов, следующих пересекающимися курсами, является изменение пеленга на корму судна, которому уступают дорогу, и увеличение расстояния кратчайшего сближения.

При всех обстоятельствах действия судоводителя должны основываться

на всестороннем анализе обстановки и строгом соблюдении правил плавания.

Для обеспечения безопасного расхождения необходимо своевременно обнаружить встречное судно, следить за его действиями, сигналами, а также за изменением пеленга на него. Своевременное обнаружение встречного судна дает время на оценку обстановки, определение элементов движения цели, выбор и осуществление маневра на расхождение.

Использование РЛС для оценки ситуации и решение векторных треугольников позволит предвидеть результат маневра и оценить предварительно варианты изменения ситуации при возможных маневрах судна-цели и судна-наблюдателя до осуществления маневра на расхождение.

Расхождение судов при плавании по системам разделения движения.

В районах интенсивного судоходства с целью предупреждения столкновения судов устанавливаются системы разделения движения судов.

Суда, не использующие систему разделения движения, должны держаться от нее на достаточно большом расстоянии.

Суда, занятые ловом рыбы, суда длиной менее 20 м и парусные не должны затруднять движение судов с механическим двигателем, идущих в полосе движения.

Суда в системе разделения должны следовать в соответствующей полосе в общем потоке движения, держаться в стороне от линии (зоны) разделения, входить в полосу движения и покидать ее на конечных участках, а если покидать полосу движения или входить в нее со стороны, то делать это под возможно меньшим углом к направлению потока.

Судно должно, насколько это практически возможно, избегать постановки на якорь в пределах системы разделения движения или вблизи ее конечных участков.

При вынужденном пересечении полосы движения делать это нужно, насколько возможно, под прямым углом к общему потоку движения.

Судно, если оно не пересекает полосу движения, не должно входить в зону разделения движения, кроме случаев крайней необходимости и случаев,

когда это связано с ловом рыбы в пределах зоны разделения движения.

Судно, плавающее вблизи конечных участков системы разделения движения, должно соблюдать особую осторожность.

При расхождении судов в районе зоны разделения должны соблюдаться правила плавания и маневрирования МППСС, ч. В.

Расхождение судов при плавании в узкостях. При плавании в узкости судно согласно МППСС должно держаться внешней границы прохода или фарватера, которая находится с правого борта настолько близко, насколько это безопасно и практически возможно. Расхождение судов в узкости должно осуществляться левыми бортами (рис. 32).

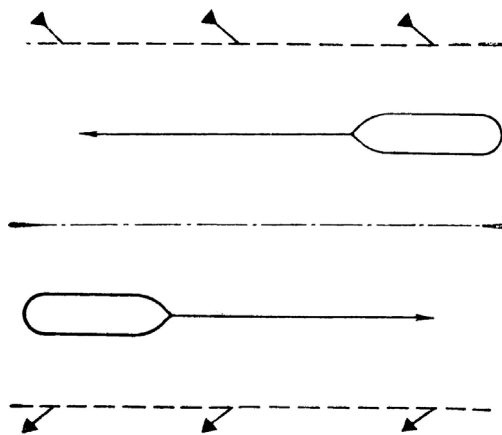


Рис. 32. Расхождение судов в узкости (Правило 9 МППСС)

Судно, стесненное своей осадкой, может в дополнение к ходовым огням выставлять на наиболее видном месте три красных круговых огня, расположенных по вертикальной линии, или цилиндр.

Любое судно, за исключением судна, лишенного возможности управляться, или судна, ограниченного в возможности маневрировать, не должно, если позволяют обстоятельства, затруднять безопасный проход судна, стесненного своей осадкой.

Судно, стесненное своей осадкой, должно следовать с особой осторожностью, сообразуясь с особенностями плавания.

Судно длиной менее 20 м или парусное судно не должны затруднять

движение судну, которое может следовать только в пределах узкого прохода или фарватера.

Расхождение судов в узкости в условиях, когда каждое судно может придерживаться той стороны канала, которая находится с его правого борта, осуществляется левыми бортами.

Судно не должно пересекать проход или фарватер, если этим затруднит движение другого судна, которое может безопасно следовать только в пределах этого прохода или фарватера.

В МППСС включено это правило с целью избежать опасного маневрирования в узкости при расхождении судов на пересекающихся курсах, с учетом того обстоятельства, что свобода маневрирования в узкости ограничена.

Для предупреждения возможных попыток пересечения курса судно, идущее вдоль узкого прохода и не имеющее возможности изменить свой курс, может подать предупредительный звуковой сигнал, состоящий по меньшей мере из пяти коротких и частых звуков. Такой сигнал может сопровождаться световым сигналом, состоящим по меньшей мере из пяти коротких и частых проблесков.

В местах пересечения фарватеров, когда два судна идут пересекающимися курсами так, что возникает опасность столкновения, суда должны действовать в соответствии с МППСС.

При расхождении судов на встречных курсах и особенно при обгоне следует учитывать возможность опасного явления — взаимного присасывания.

Обгон судов (рис. 33). В открытом море и на достаточном для обгона просторе, где обгоняющее судно свободно в своих действиях, обгон может быть осуществлен в обычном порядке. Обгоняющее судно должно держаться в стороне от пути обгоняемого судна до тех пор, пока обгоняемое не будет оставлено позади. Если возникает сомнение, является ли судно обгоняющим, то следует считать, что это именно так, и действовать соответственно. В узком проходе или на фарватере обгон может быть совершен только при условии, что обгоняемое судно предпримет действие, позволяющее безопасный проход.

При этом судно, намеревающееся произвести обгон, должно показать свое намерение подачей звукового сигнала — два продолжительных и один короткий звук (—•): «Я намереваюсь обогнать вас по правому борту», два продолжительных и два коротких звука (—••): «Я намереваюсь обогнать вас по левому борту». Обгоняемое судно должно, если оно согласно на обгон, подтвердить свое согласие звуковым сигналом: один продолжительный, один короткий, один продолжительный и один короткий звук (—• —•) и предпринять действия, позволяющие безопасный проход обгоняющего судна.

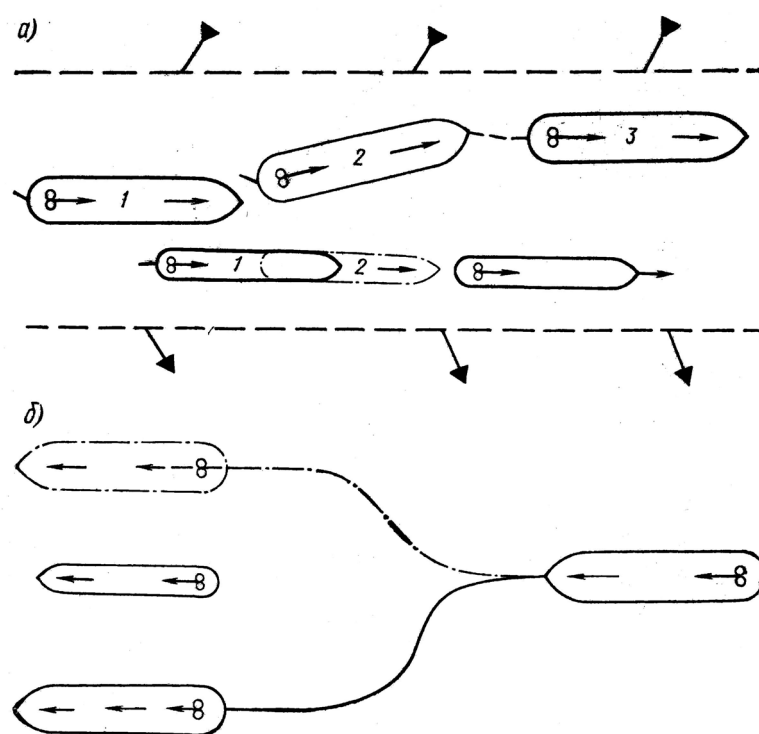


Рис. 33. Расхождение судов (обгон):

а — Правило 9; б — Правило 13 МППСС; 1—3 — положения судна

Если обгоняемое судно испытывает сомнение в отношении безопасности обгона, оно может подать, по меньшей мере, пять коротких и частых звуков свистком; звуковой сигнал может сопровождаться световыми сигналами, состоящими по меньшей мере из пяти коротких и частых проблесков. Это правило применяется тогда, когда обгоняющее судно не может сделать обгон

другого судна из-за габаритов узкости. В таких случаях обгон возможен только при согласованных действиях обоих судов. Обгон недопустим в условиях пониженной видимости, при расхождении обгоняемого судна со встречным, при выполнении обгона самим обгоняемым судном (двойной обгон), при движении мимо судов, занятых подводными, дноуглубительными и другими специальными работами. Обгон запрещается в узких местах и на крутых поворотах прохода или фарватера, в местах пересечения с другими фарватерами и в любых других местах, где не гарантирована безопасность маневра при обгоне.

Обгоняющее судно должно всегда руководствоваться правилом: если обгон другого судна по каким-либо причинам кажется опасным или рискованным, его следует отложить.

Обгоняющее судно должно держаться в стороне от пути обгоняемого до тех пор, пока обгоняемое не будет окончательно пройдено и оставлено позади и оба судна смогут, не опасаясь столкновения, продолжать свое движение в узкости с допустимой скоростью.

Судно, приближающееся к изгибу или такому участку узкого прохода или фарватера, где другие суда могут быть не видны из-за наличия препятствия, должно следовать с особой внимательностью и осторожностью и подавать продолжительный звук.

Любое приближающееся судно, находящееся в пределах слышимости за изгибом или препятствием, должно отвечать на такой сигнал одним продолжительным звуком.

ПЛАВАНИЕ СУДОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ

Ограниченная видимость может возникнуть вследствие тумана, снегопада, ливня, пыльной бури, испарения, моря, дымки, мглы.

При внезапном ухудшении видимости, а также при подходе к полосе тумана необходимо принять меры предосторожности для обеспечения

безопасности плавания:

- при дальности видимости менее 5 миль вести непрерывное радиолокационное наблюдение;

- в районах с ограниченной видимостью или вблизи таких районов суда, не находящиеся на виду друг у друга, должны следовать с безопасной скоростью применительно к преобладающим обстоятельствам и условиям ограниченной видимости и держать свои машины готовым к немедленному маневру;

- сличить часы в штурманской рубке и в машинном отделении;

- произвести отметку на ленте курсографа, проставив время;

- определить место судна и, по возможности, поправку компаса;

- перевести управление рулем с автоматического режима на ручной;

- выставить наблюдателей на баке и на ходовом мостике, усилить зрительное и слуховое наблюдение;

- подавать звуковые сигналы в соответствии с Правилom 35 МППСС;

- включить ходовые навигационные огни;

- при плавании в мелководном районе включить эхо лот;

- при движении в тумане не пересекать скопления рыболовных судов, обходить на безопасном расстоянии всю группу;

- подход к берегу и мелководью осуществлять на самом малом ходу, тщательно сообразуясь с обстоятельствами плавания, непрерывно измеряя глубины, определяя место судна и, при необходимости, притравив якорь до определенной глубины;

- при плавании вблизи навигационных опасностей, в узкости либо на подходе к опасной зоне особо учитывать предельные ошибки в курсе и скорости судна, при необходимости построить на карте площадь вероятного местонахождения судна. Если потеряна ориентировка и нет возможности надежно определить место судна, следует стать на якорь, лечь в дрейф либо развернуться на обратный от опасности курс;

— тщательно вести радиолокационное наблюдение, при обнаружении эхо-сигнала определить элементы движения судна-цели и, при необходимости, предпринять действия для предупреждения опасного сближения, не ожидая, пока другое судно начнет маневр на расхождение.

Если возникнет сомнение, является ли эхо-сигнал судном или помехой, считать, что это судно, и принимать меры для расхождения с ним.

При наличии нескольких целей измерение текущих координат, пеленга и дистанции, производить в одной и той же последовательности на одной и той же шкале дальности. При этом необходимо учитывать наличие помех и теневых секторов, ограничивающих возможность обнаружения цели.

Рассчитать маневр на расхождение с лимитирующим судном, т.е. с судном, которое представляет наибольшую опасность, учтя при этом влияние маневра на расхождение с другими судами.

Наблюдение следует вести до полного расхождения с судами.

Недопустимо использование радиотелефона при расхождении судов в условиях ограниченной видимости, когда суда не находятся на виду друг у друга, особенно при наличии нескольких целей на экране радиолокатора.

Условия плавания при ограниченной видимости в узкости значительно отличаются от таковых в условиях открытого моря.

При плавании по фарватерам и на подходах к портам проводка судов осуществляется с помощью береговых РЛС.

Наряду с РЛС при движении по фарватерам и на подходах к портам применяются лазерные створы, створные радиомаяки, ведущий кабель и другие средства обеспечения проводки судна в условиях ограниченной видимости.

МАНЕВРИРОВАНИЕ ПРИ РАСХОЖДЕНИИ СУДОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ

В условиях ограниченной видимости с помощью РЛС возможно заблаговременно оценить ситуацию взаимного движения судов и, в случае

необходимости, рассчитать варианты маневра на расхождение и выбрать наиболее обоснованный и безопасный вариант, соответствующий рекомендациям МППСС.

Судно, которое обнаружило присутствие другого судна только с помощью радиолокатора, должно определить, развивается ли ситуация чрезмерного сближения и существует ли опасность столкновения.

Оценка ситуации заключается в выявлении степеней: опасности сближения как линейной, так и временной.

Степень линейной опасности характеризуется направлением линии относительного движения (ЛОД; судна-наблюдателя и судна-цели, и дистанцией кратчайшего расстояния $D_{кр}$, на котором разошлись бы суда при неизменных параметрах их движения — курсе K и скорости V .

Степень временной опасности характеризуется величиной вектора относительной скорости V_p встречных судов, или, другими словами, скоростью перемещения эхо-сигнала по ЛОД судов.

Суда считаются опасными в случаях, когда для расхождения с ними на безопасном расстоянии необходимо прибегать к маневрированию. Неопасные суда, расхождение с которыми обеспечивается на безопасном расстоянии при неизменных параметрах движения судна-наблюдателя и судна-цели, когда дистанция зоны расхождения D_z больше дистанции опасной зоны $D_{0.3}$.

Однако в некоторых ситуациях неопасное судно может стать опасным в результате собственного маневра либо маневра судна-наблюдателя. Такое судно считается потенциально опасным.

Основой для определения ситуации сближения судов и выявления степени опасности является векторный треугольник скоростей, сторонами которого являются вектор скорости судна-наблюдателя ($\vec{V}_H$), вектор скорости судна-цели ($\vec{V}_ц$) и вектор относительной скорости ($\vec{V}_p$), определенные за равные промежутки времени.

Построение треугольника скоростей позволяет оценить и проанализировать ситуацию взаимного положения расходящихся судов,

определить степень линейной и временной опасности и тенденцию разворота ЛОД при выполнении маневра.

Маневр для расхождения может быть выполнен путем изменения курса, скорости.

Маневр должен быть рассчитан с упреждением и выполнен точно в расчетное время, при этом следует учитывать маневренные качества судна-наблюдателя и оценивать маневренные возможности судна-цели.

Если действием для расхождения является маневр изменением курса, то, насколько это возможно в конкретной ситуации, следует избегать изменения курса влево, если другое судно находится впереди траверза и не является обгоняемым.

Небезопасен также маневр изменением курса в сторону судна, находящегося на траверзе или позади траверза.

Маневр изменением курса эффективен при наличии достаточного свободного пространства и в случаях, если этот маневр не приводит к опасному сближению с другим судном.

При недостатке времени для оценки ситуации расхождения либо недостатке пространства для выполнения маневра изменением курса следует осуществлять маневр изменением скорости судна-наблюдателя, как правило, уменьшением хода.

Изменение курса либо скорости, а также одновременное изменение курса и скорости судна с целью расхождения должно быть значительным, чтобы этот маневр был ясно виден на другом судне. Величины изменения курса и скорости зависят от величины радиуса безопасной зоны, исходя из условий видимости, скорости и др. Маневр должен быть выполнен решительно и без промедления.

Однако маневр для расхождения судов может быть предпринят только тогда, когда будут выполнены радиолокационные наблюдения, определены параметры движения встречного судна и оценена ситуация сближения.

Если положение встречного судна и элементы его движения не определены, а также в других случаях, когда не установлено, что опасности

столкновения нет, МППСС предписывают: каждое судно, которое услышит, по-видимому, впереди своего траверза туманный сигнал другого судна или которое не может предотвратить чрезмерного сближения с другим судном, находящимся впереди траверза, должно уменьшить ход до минимального, достаточного для удержания судна на курсе. Оно должно, если это необходимо, остановить движение и в любом случае следовать с крайней осторожностью до тех пор, пока не минует опасность столкновения.

Определение элементов цели и маневра для расхождения. С помощью радиолокатора определить пеленги и дистанции судов, находящихся в пределах радиолокационной видимости и на маневренный планшет нанести нулевые эхо-сигналы каждой цели «0» — определяющие точки. Из центра планшета восстановить вектор скорости судна-наблюдателя ($\vec{V}_H$) за 12 мин, одновременно к точкам «0» судов-целей также пристроить вектор скорости судна-наблюдателя за этот же промежуток времени. Начало каждого вектора обозначить буквой F.

По пеленгам и дистанциям, измеренным на экран локатора, нанести на планшет последующие эхо-сигналы всех целей на 3-й («1») и на 6-й мин («2»). Через точки «0», «1», «2» провести ЛОД всех судов-целей. Из центра планшета восстановить перпендикуляры на ЛОД; длины этих перпендикуляров в избранном масштабе будут кратчайшими расстояниями расхождения судна-наблюдателя с судами-целями — $D_{кр}$, момент кратчайшего сближения определится по времени прихода в эту точку судна-цели с относительной скоростью движения по ЛОД.

По направлению ЛОД относительно центра планшета можно сделать анализ ситуации и определить, существует ли опасность чрезмерного сближения судна-наблюдателя и судна-цели.

Кратчайшая дистанция при расхождении судов не должна быть меньше дистанции опасного сближения, которая зависит от длины тормозного пути для данного режима скорости судна и поправки на точность измерения:

$$D_{кр} > D_{оп.с.} = 2S_V + a$$

Для расчета маневра на расхождение на ЛОД (обычно на 12-й минуте) нанести упреждающие точки, в которых должен быть выполнен маневр на расхождение с таким расчетом, чтобы маневр судна-наблюдателя не был бы запоздалым и оставался промежуток времени для контроля за положением линии ожидаемого относительного движения (ЛООД).

Построить векторный треугольник скоростей: линия, соединяющая начало вектора $\bar{V}_H$ и конец вектора $\bar{V}_P$, есть вектор скорости цели за такой же промежуток времени $\bar{V}_C$. Затем, с учетом зоны опасного сближения; выполнить построение секторов опасности, для чего из упреждающих точек провести линии усов в сторону, противоположную центру планшета, с таким расчетом, чтобы обратное продолжение этих линий было касательным к окружности зоны опасного сближения.

Анализируя начальную ситуацию взаимного расположения и перемещения судов по ЛОД, необходимо знать закономерности перемещения эхо-сигналов по ЛОД при маневрировании судов, т.е. при изменении параметров движения — скорости и курса судна-наблюдателя либо судна-цели и учитывать эти закономерности в процессе маневрирования.

Анализ начальной радиолокационной ситуации дает возможность определить элементы движения каждой цели и на основании этого избрать обоснованный маневр для безопасного расхождения судов на заданной дистанции, с учетом требований МППСС.

Выбор маневра необходимо производить по цели, представляющей наибольшую опасность, сближение с которой на расстояние $D_{кр}$ должно произойти раньше, чем с другими целями. Маневр изменения курса, измерением скорости либо изменением курса и скорости одновременно производится путем подбора нового курса или изменением скорости судна-наблюдателя так, чтобы вывести нулевые эхо-сигналы целей за пределы секторов опасности.

При выборе маневра следует учитывать следующее: если вектор скорости судна-наблюдателя пересекается с границей опасного сектора, то

маневр может быть выполнен изменением курса или уменьшением скорости вплоть до полной остановки судна-наблюдателя либо комбинированным способом.

В случае, если хотя бы у одного из судов-целей начало вектора нашей скорости (точка F) лежит внутри сектора опасности, маневр, выполненный только изменением скорости судна-наблюдателя, не обеспечивает расхождения судов на безопасной дистанции.

Графическое решение задачи на расхождение судов методом окружности скорости судна-наблюдателя (рис. 34). При выполнении обычных первоначальных построений и нанесений на планшет нулевых эхосигналов судов-целей («0») необходимо сразу построить к этим точкам векторы скорости судна-наблюдателя за 12 мин (точка F). Из точки F для каждого судна-цели описать окружность радиусом, равным вектору скорости судна-наблюдателя. Нулевые точки («0»), лежащие на этих окружностях, являются определяющими точками.

По пеленгам и дистанциям нанести на планшет последующие эхосигналы судов-целей на 3-й («1») и 6-й («2») минутах. Через точки «О», «1», «2» провести ЛОД и определить кратчайшую дистанцию сближения $D_{кр}$. На линии относительного движения судов нанести упреждающую точку B (обычно через 6 мин после эхо-сигнала «2»).

Оценив начальную ситуацию и избрав маневр для расхождения с учетом требований МППСС, построить секторы опасности для каждого судна-цели, для чего провести через упреждающие точки линии, касательные к окружности заданной дистанции расхождения $D_{кр}$. На пересечении этих линий с окружностями скорости судна-наблюдателя, описанными из точек F , сделать засечки с учетом стороны поворота. Глазомерно выбрать наибольшую из дуг окружностей скорости судна-наблюдателя, заключенных между определяющей точкой и точкой пересечения границы сектора опасности (по лимитирующему судну), измерить это расстояние, перенести его на аналогичные окружности других судов и от определяющих точек в сторону

поворота сделать такие же засечки.

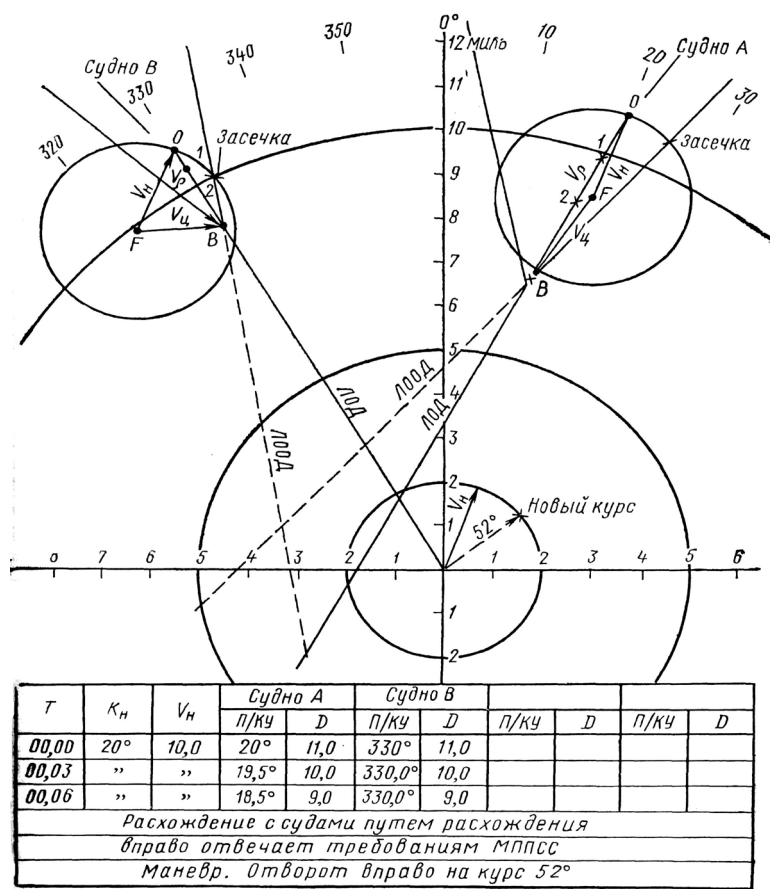


Рис. 34. Маневр на расхождение судов с помощью РЛС

Линии, проведенные через засечки и упреждающие точки, являются ЛООД, а направление из точки F до точки пересечения уса с наибольшей дугой окружности укажет новый «курс судна-наблюдателя для расхождения со встречными судами па расстоянии не менее заданного.

Выполнив маневр на расхождение, следует продолжить наблюдение по РЛС за параметрами движения судов-целей до тех пор, пока не будет полной уверенности в том, что суда разошлись чисто. После чего судно-наблюдатель может лечь на первоначальный курс с поправкой на имевшее место отклонение.

Приведенный выше способ решения задачи на расхождение методом окружности скорости судна-наблюдателя предложен капитаном-наставником Н.Н.Корзуном и включен в программу курсов повышения квалификации судоводителей Черноморского пароходства на радиолокационном тренажере.

5. МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДОВ ПРИ ПЛАВАНИИ В УЗКОСТИ

УЗКОСТЬ

Под узкостью понимается судоходный район, в котором из-за навигационных причин затруднено плавание и стеснена свобода маневрирования судов.

Мелководье — водное пространство либо фарватер, глубина которого оказывает влияние на сопротивление воды движению судна и изменяет тем самым условия плавания судна по сравнению с плаванием его на глубокой воде.

Плавание по каналам, как правило, сочетает условия узкости и мелководья.

Основными элементами судоходного канала являются глубина, навигационная ширина и площадь поперечного сечения.

Глубины каналов и портовых акваторий должны обеспечивать безопасные проход и стоянку судна.

Допустимая глубина канала определяется по следующей формуле:

$$H_{min} = T_{max} + \Delta T_{HAB} + \Delta T_{ВОЛН} + \Delta T_{СК} + \Delta T_{КР}$$

где T_{max} — максимальная осадка судна;

ΔT_{HAB} — навигационный запас глубин в зависимости от типа судна, его длины, осадки и качества грунта;

$\Delta T_{ВОЛН}$ — волновой запас на погружение судна на волнении ($\approx 0,6$ высоты волны в районе движения). В каналах полного профиля и закрытых портах $\Delta T_{ВОЛН} = 0$;

$\Delta T_{СК}$ — поправка на проседание судна на ходу.

Минимальный навигационный запас, необходимый для управляемости судна, зависит от осадки судна и типа грунта:

$$\Delta T_{HAB} \approx (0,04 \div 0,06) T$$

где 0,04 — коэффициент мягких грунтов (ил);

0,06 — коэффициент твердых грунтов (скала).

Скоростной запас при движении одного судна через канал определяется с учетом:

- профиля сечения канала; скорости судна;
- соотношения между габаритами канала и главными размерениями судна;

$$\Delta T_{CK} \approx (0,02 \div 0,06) T.$$

При расхождении на канале двух примерно одинаковых судов и особенно при обгоне скоростной запас должен быть увеличен на 50% по сравнению с таковым для одиночного судна.

Величина ΔT_{KP} — запас на увеличение осадки вследствие крена судна, возникающего из-за резкой перекладки руля, несимметричной загрузки судна либо под действием ветра,

$$\Delta T_{KP} = \frac{B}{2} \sin \Theta$$

где B — ширина судна;

Θ — угол крена.

Вероятность того, чтобы одновременно была реализована сумма всех поправок, мала; для этого должно быть совпадение всех неблагоприятных условий, имеющих влияние на общую величину запаса воды под килем судна.

ОСОБЕННОСТИ ПЛАВАНИЯ И МАНЕВРИРОВАНИЯ СУДОВ В УЗКОСТИ И НА МЕЛКОВОДЬЕ

При движении судна по фарватерам, ограниченным по ширине и глубине, при неблагоприятных условиях могут возникнуть явления, угрожающие безопасности плавания.

Движение судна на мелководье и в узкости в определенном диапазоне скоростей вызывает перераспределение сопротивления воды движению судна, при этом возрастают местные скорости потока под днищем судна, изменяется характер волнообразования и увеличивается волновое сопротивление. Все это отрицательно влияет на безопасность плавания судна — ухудшается его управляемость, увеличивается осадка.

Скорость. При плавании в узкости и на мелководье движение судна, с

точки зрения безопасности, имеет характерные особенности. Все эти особенности, от которых зависит безопасность плавания, судоводитель должен четко представлять себе и учитывать в процессе судовождения.

При движении судна в узкости, в отличие от плавания в открытом море, скорость судна сужает психологические каналы восприятия человеком окружающей обстановки и приводит к неверной оценке ее. Так, при движении судна с малой скоростью судоводителю, привыкшему к движению судна в открытом море, кажется, что судно идет слишком медленно, это ощущение приводит к ослаблению внимания в сложных условиях плавания.

При движении судна в узкости с большой скоростью у судоводителя, не обладающего значительным опытом такого плавания, наблюдается отставание профессионального мышления при восприятии быстро меняющейся навигационной обстановки, что может привести к ошибкам в оценке обстановки, в счислении пути и в итоге — к аварии.

Явления, возникающие при движении судна в узкости и на мелководье. Влияние мелководья на движение судна практически не сказывается, если глубина значительно превышает осадку:

$$\frac{H}{T} \geq 7$$

Однако уже при $\frac{H}{T} < 2 \div 3$ это явление значительно, причем эффект мелководья и сопротивления воды движению судна резко возрастают с дальнейшим уменьшением относительной глубины и увеличением скорости судна (рис. 35, 36).

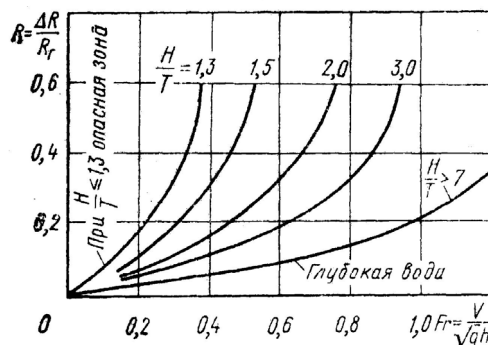


Рис. 35. Зависимость сопротивления воды от скорости судна и запаса воды под килем

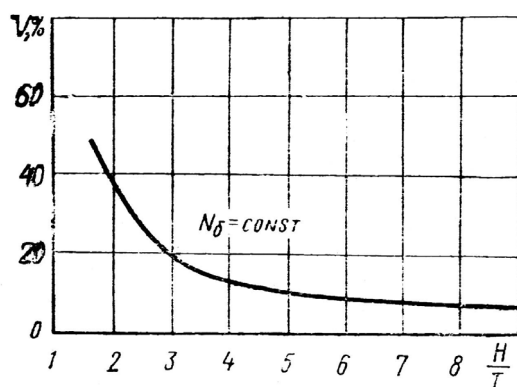


Рис. 36. Падение скорости судна в зависимости от отношения глубины канала к осадке судна:

V - скорость судна на глубокой воде; N_δ —мощность

При равномерном и прямолинейном движении судна на мелководье со скоростью $V \leq (0,6 \div 0,4) \sqrt{gH}$ характер волнообразования мало отличается от такового при плавании судна на глубокой воде.

Дальнейшее увеличение скорости судна $V > (0,6 \div 0,8) \sqrt{gH}$ приводит к возникновению и развитию системы поперечных (корабельных) волн, к неравномерности распределения воды вдоль корпуса судна, возрастанию волнового сопротивления, ухудшению управляемости, самопроизвольной потере скорости и увеличению осадки судна (рис.37, 38).

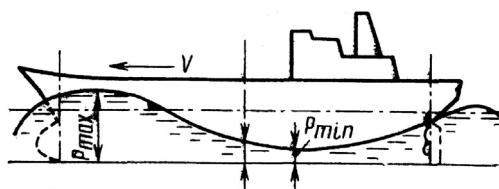


Рис. 37. Распределение давления воды вдоль судна

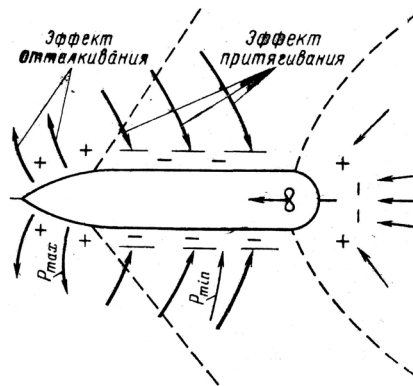


Рис. 38. Распределение давления воды вдоль судна (вид сверху)

При $V_{кр} = \sqrt{gH}$ скорость судна достигает критической величины, расходящиеся волны образуют угол, близкий к 90° к курсу судна, возникает одиночная, поперечная волна, движущаяся со скоростью судна. Волновое сопротивление достигает своего максимума, часть мощности судовых двигателей расходуется на создание вредных для судна поперечных волн. Потеря мощности превышает 10%. Это приводит к тому, что наращивание мощности двигателей и дальнейшее увеличение частоты вращения винта не дают приращения скорости, судно испытывает опасную вибрацию, плохо слушается руля — самопроизвольно, аритмично уклоняется от курса, возможна полная потеря управляемости. Мощная одиночная волна и попутный поток, возникающий за судном, могут разрушить ложе и откосы, сорвать со швартовов и повредить суда, стоящие в узкости. Плавание особо опасно при малых относительных глубинах $H_1 = \frac{H}{T} < 1,3$ и при скоростях, близких к критическим (рис. 39).

Длина поперечных волн пропорциональна квадрату скорости судна:

$$\lambda = \frac{2\pi V^2}{g}.$$

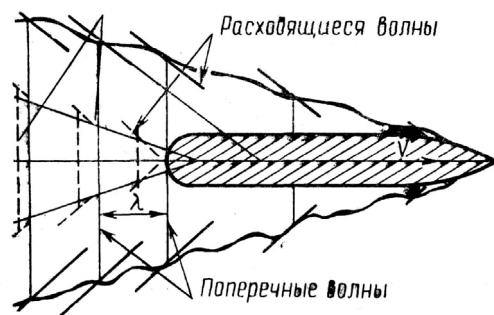


Рис. 39. Волнообразование на мелководье

Скорость попутного потока также находится в прямой зависимости от скорости судна, а мощность его возрастает с уменьшением площади поперечного сечения канала.

Движение в узкости на большой скорости, помимо указанных выше отрицательных явлений, связанных с изменением волнового сопротивления, волнообразованием и т.д., может значительно затруднить управление судном и поставить его в трудные условия так же при резком уменьшении скорости, так как судовая волна, следующая за судном, окажет воздействие на винторулевую группу и может резко ухудшить управляемость.

При следовании в мелководной узкости рекомендуется, если позволяют обстоятельства, изменять скорость постепенно, с учетом маневренных качеств судна и возможностей СЭУ. При всех обстоятельствах скорость судна в узкости должна быть такой, чтобы судно, при необходимости, могло погасить инерцию своего движения, не создавая опасного волнения.

Правила плавания по внутренним водным путям регламентируют минимальный запас воды под килем и максимально допустимую скорость движения. Однако следует помнить, что избранная скорость при плавании в узкостях не является постоянной величиной, и судоводитель должен всегда быть готов изменить ее с изменением условий и обстоятельств плавания.

Назначая скорость, судоводитель всегда должен учитывать характер узкости, соотношение габаритов узкости и судна и прежде всего отношение глубины места к действующей осадке судна (относительную глубину),

насыщенность средствами навигационного обеспечения, плотность судопотоков, маневренные качества и технические возможности своего судна, площадь навигационной безопасности при заданной скорости, состояние погоды и условия видимости и любые другие факторы, могущие оказать влияние на безопасность плавания. При всех обстоятельствах скорость судна при плавании на мелководье и в узкости должна быть меньше критической. При этом следует учитывать, что при плавании на мелководных узкостях и каналах явления, происходящие на мелководье, усугубляются стесненностью обстановки и критическая скорость наступает раньше, чем в условиях мелководного открытого пространства.

Современные быстроходные транспортные суда в условиях мелководных фарватеров могут легко достичь чрезвычайно опасного предела критической скорости.

При скоростях, выходящих за критические, система волнообразования становится обычной, движение судна приобретает глиссирующий характер.

Плавание на скоростях, значительно превышающих критическую, допустимо только для специальных судов (суда на подводных крыльях), у которых закритическая скорость очень велика: $Fr \geq 3,0$.

Просадка судна. В стесненном пространстве в условиях мелководья скорость потока, омывающего судно, возрастает, подводная часть корпуса судна находится в зоне повышенных скоростей и, как следствие этого, в зоне пониженных неравномерно распределенных давлений происходит понижение воды у бортов, что вызывает просадку (увеличение) дифферента на корму. Таким образом, наряду с общей просадкой судна кормовая часть проседает дает несколько больше (рис. 40).

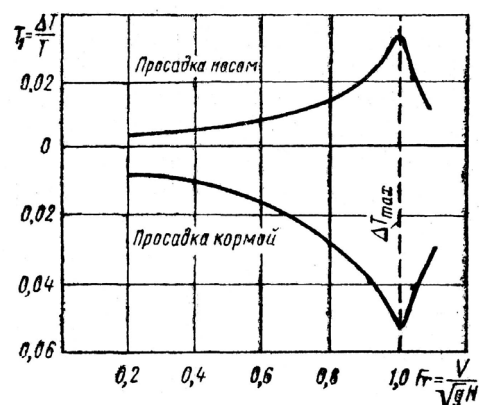


Рис. 40. Относительная просадка судна на мелководье в зависимости от скорости судна (T -осадка судна; ΔT -изменение осадки)

При значительных скоростях судна [$Fr = (0,7 \div 0,8) \sqrt{gH}$] условиях мелководья просадка кормы может достигать больших значений $\Delta T_K = (0,05 \div 0,07)T$, в результате чего возникает опасность касания днищем ложа мелководного фарватера. Максимальных значений просадка судна достигает при скоростях, которые близки к критическим (рис. 41).

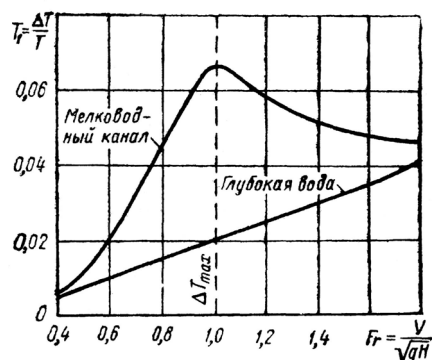


Рис. 41. Зависимость изменения осадки от района плавания и скорости судна.

Приближенная величина просадки судна может быть определена как половина высоты поперечной (корабельной) волны: $\Delta T = 0,5h_{К.В.}$

Величина приращения осадки ΔT может быть также определена на модели судна в опытовом бассейне, с последующим расчетом графика

изменения осадки суды; в узкости и на мелководье либо с достаточной степенью точности по известной формуле:

$$\Delta T = \frac{V^2 \left(\frac{S_K}{S_M} - 0,5 \right)}{2g \left(\frac{S_K}{S_M} - 1 \right)^2}$$

где V — скорость судна м/с;

g — ускорение силы тяжести, м/с²;

S_K — площадь сечения канала, м²;

S_M — площадь сечения подводной части судна по миделю, м².

Поворот судна. Выполнение поворота в узкости является наиболее ответственным моментом. Точка начала поворота A_1 должна быть нанесена на карту с учетом действия течения, радиуса циркуляции $R_{\text{ц}}$ при определенной перекладке руля и фиксироваться методом обсервации (рис. 42).

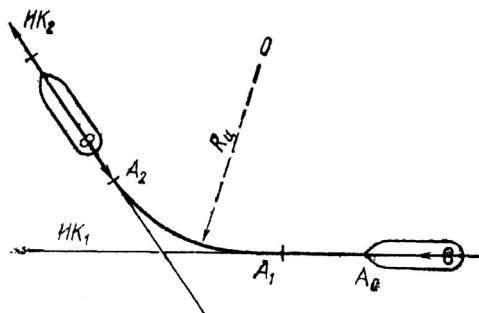


Рис. 42. Поворот судна с учетом радиуса циркуляции

При выполнении поворота (A_2 — конец поворота) на течении необходимо учитывать, что даже кратковременное положение судна под значительным углом относительно направления течения создает угрозу сноса его в сторону берега. Судно должно вписаться в поворот так, чтобы его диаметральной плоскость была параллельна близлежащему берегу.

При выполнении поворота следует избегать резкой перекладки руля в крайние положения: необходимо учитывать возможность заклинивания руля. На крутых поворотах можно ускорить поворот кратковременным увеличением

скорости. Поэтому поворот всегда следует делать на умеренной скорости с тем, чтобы был резерв хода для улучшения поворотливости судна (рис. 43).

При отклонении по оси узкости, канала и при приближении к берегу сопротивление движению судна возрастает — возникает поперечная сила, которая отталкивает носовую часть судна и притягивает кормовую к ближнему берегу, причем чем ближе судно будет находиться к одному из берегов, тем больше возмущение воды и скорость потока между берегом и бортом судна и тем больше силы отталкивания и притяжения, что может привести к развороту судна поперек узкости (рис. 44).

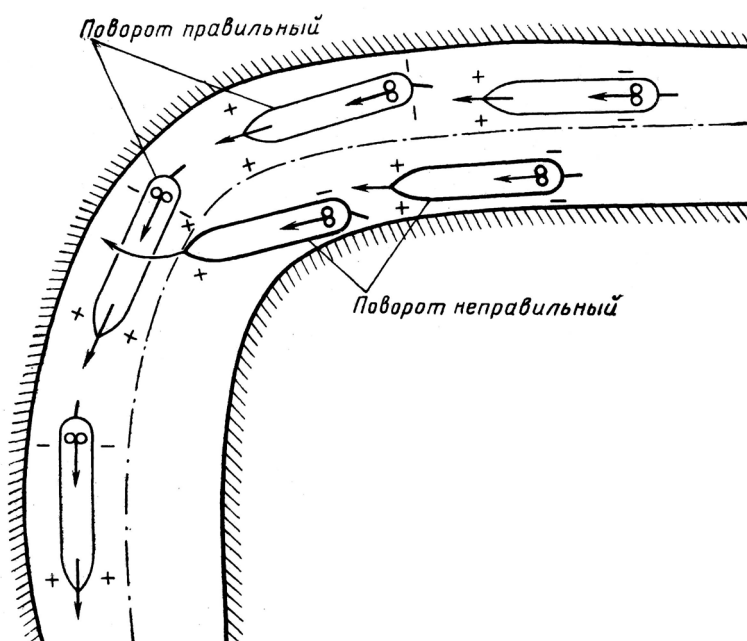


Рис. 43. Поворот в узкости:

(+) — места отталкивания; (-) — места притягивания

При движении судна с неработающими машинами эффект берега практически не ощутим. При работе машины ходом назад эффект берега противоположен — притягивается носовая часть судна, отталкивается — кормовая.

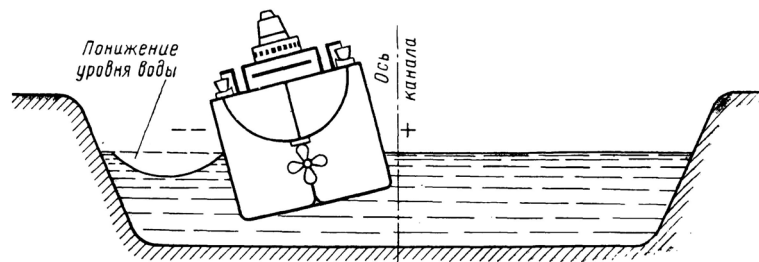


Рис. 44. Плавание в узкости. Эффект берега

Некоторые другие особенности плавания судна на мелководье. При плавании на мелководье существенно изменяются маневренные элементы судна. Наряду с падением скорости резко изменяются инерционные качества судна: при малом запасе воды под килем ($\frac{H}{T}=2,0 \div 1,2$) значительно увеличивается масса судна с учетом присоединенной массы воды (судно влечет за собой воду), в результате чего значительно сокращается тормозной путь, уменьшается ветровой дрейф и замедляется угловая скорость поворота судна, по сравнению с таковыми на глубокой воде.

На мелководье возрастает частота и амплитуда самопроизвольных колебаний судна относительно курса — вредное и опасное явление — рыскание.

Влияние волнения в условиях мелководья на увеличение скоростной просадки судна сказывается несколько меньше, чем на глубокой воде, в связи с изменением характера волнообразования.

Гидродинамическое взаимодействие параллельно движущихся судов при расхождении и при обгоне. При расхождении двух судов или при обгоне одного другим, «следующих на параллельных курсах и на небольшом траверсном расстоянии возникают гидродинамические силы взаимодействия, которые притягивают (присасывают) суда, что может явиться причиной их столкновения. Усугубляют это явление мелководье и ограниченность водного

пространства — узкость, а также движение судов на значительных скоростях и опасность зарыскивания (рис. 45).

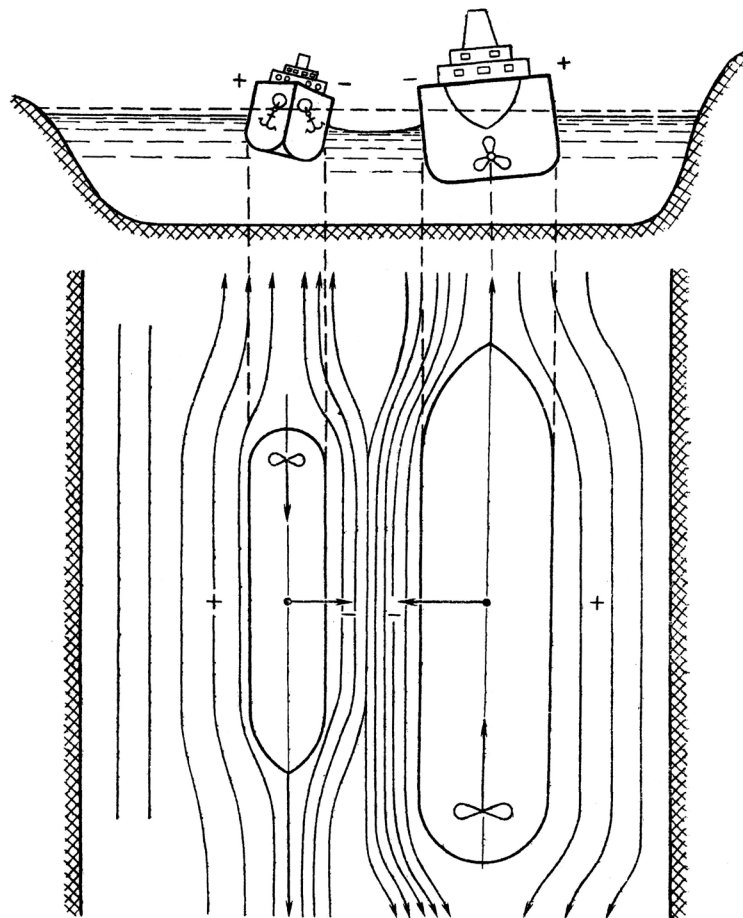


Рис. 45. Плавание в узкости. Явление присасывания судов

При расхождении встречных судов на параллельных курсах возникают дополнительные боковые силы притяжения и отталкивания. Направление и величина поперечной силы взаимодействия зависят от взаимного расположения судов в различных стадиях расхождения (рис. 46). Однако силы взаимодействия на встречных курсах действуют непродолжительное время и влияние их менее значительно по сравнению с силами, возникающими при обгоне судов (рис. 47). Если суда идут параллельными курсами в одном направлении на значительных скоростях, причем скорость обгоняющего судна не намного превышает скорость обгоняемого, при небольших траверзных расстояниях управляемость судов ухудшается и может произойти опасное

самопроизвольное изменение их курсов, которое может привести к столкновению.

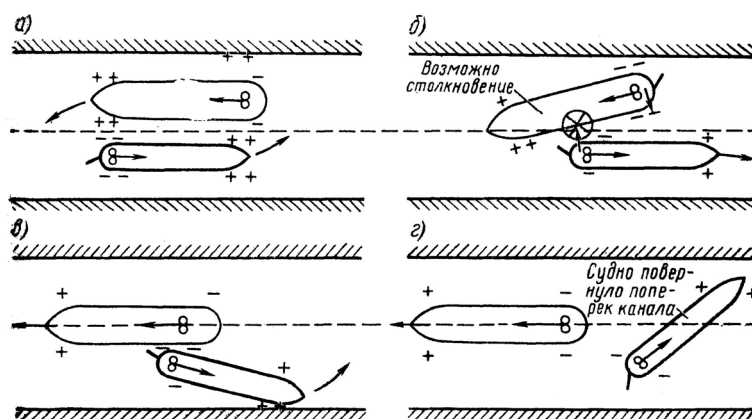


Рис. 46. Расхождение судов в узкости:

а-г – встречные явления присасывания

Сила присасывания возрастает с уменьшения поперечного расстояния между судами (клиренса) и с увеличением скорости судов. Особо проявляется сила взаимного притягивания в случаях, когда суда, поравнявшись, некоторое время идут с одинаковой скоростью (так называемая «слепая скорость»).

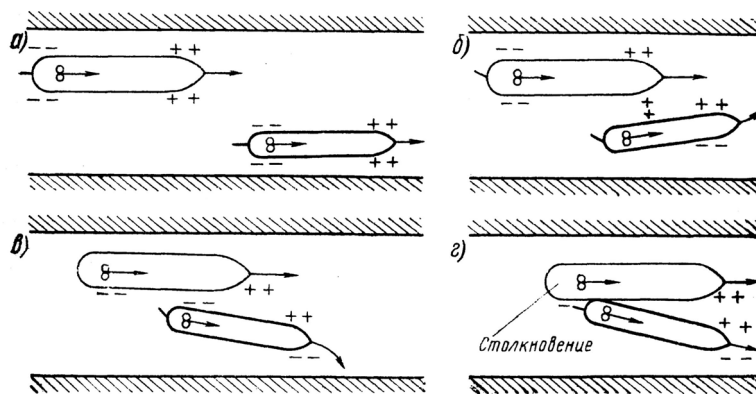


Рис. 47. Расхождение судов в узкости. Обгон. Явление присасывания

Нестандартность процесса гидродинамического взаимодействия параллельно движущихся судов не позволяет произвести точные расчеты величин безопасного расстояния между судами в зависимости от характера

узкости, габаритов судов, их скоростей и маневренных качеств, гидрологических условий, что следует учитывать при расхождении и обгоне.

Для уменьшения влияния взаимного гидродинамического притягивания судов при расхождении в узкости и обгоне следует учитывать следующее:

- маневр расхождения и обгона производить на прямых, наиболее широких и безопасных участках пути;

- скорости судов не должны превышать опасных при расхождении значений: $V \leq 0,6\sqrt{gH}$, с учетом того, что опасность присасывания возрастает с уменьшением расстояния между судами и увеличением скорости судов. Однако при этом скорость обгоняющего судна должна быть существенно больше скорости обгоняемого и обгоняющее судно должно иметь запас скорости на непредвиденные случаи;

- учитывать, что при расхождении и обгоне судов на мелководье необходимо иметь скоростной запас осадки, увеличенный на 50% по сравнению с таковым для одиночного судна;

- безопасная величина траверзного расстояния между судами зависит от ряда факторов в их совокупности: от габаритов узкости (глубины и площади сечения канала) и основных размерений судов (L, B, T) от относительной скорости судов при расхождении и обгоне; от угла рыскания судов при расхождении и обгоне; от ширины маневренной полосы и зоны навигационной безопасности судов.

Однако следует учитывать, что при расхождении и обгоне судов траверзное расстояние между ними не должно быть менее тройной ширины меньшего из судов: $d_{кр} \geq 3B$, при условии соблюдения всех других рекомендаций расхождения и особенно скорости движения.

Вокруг движущегося судна должно быть пространство — зона навигационной безопасности, в пределах которой судно, приняв необходимые меры, может избежать столкновения с судами, касания грунта, навала на береговые сооружения. Ширина маневренной полосы прямо пропорциональна скорости, габаритам (L, B) судна, углу сноса ветром и течением.

Маневрирование судном должно осуществляться так, чтобы навигационные опасности (суда, береговые сооружения, подводные препятствия) находились за пределами зоны навигационной безопасности.

Явления присасывания судов могут возникнуть также в том случае, когда одно из них не имеет хода, т.е. лежит в дрейфе, стоит на якорю либо на швартовах, при условии чрезмерного их сближения. Близко проходящее судно создает неравномерное гидродинамическое давление и мощный попутный поток. Эти силы вызывают значительное горизонтальное движение стоящего на швартовах судна, в результате чего возникает реальная опасность обрыва швартовных тросов и возможность столкновения с проходящим судном.

Для обеспечения безопасности ошвартованного судна при приближении к нему проходящего необходимо согласовать натяжение швартовов, что уменьшит возможность их обрыва, и, при необходимости, работой машины толчками и перекладкой руля создать устойчивое положение стоящего на швартовах судна.

Избежать опасных последствий можно, уменьшив скорость проходящего судна до минимума и увеличив, насколько это позволяет обстановка, расстояние между судами. При этом следует учитывать, что при плавании в узкости и на мелководье требуется более интенсивная перекладка руля, так как реакция судна на руль будет понижена влиянием мелководья и сниженной скоростью.

Во всех случаях безопасное траверзное расстояние между судами при расхождении либо при обгоне не должно быть меньше зоны навигационной безопасности судна, которая находится в прямой зависимости от габаритов судна, его скорости и характера узкости.

ПЛАВАНИЕ В УЗКОСТИ (РЕКОМЕНДАЦИИ)

Перед входом судна в узкость следует:

- изучить по картам, лоциям и другим источникам характер узкости и особенности плавания, уделив особое внимание узким проходам и

мелководным участкам ознакомиться с навигационной обстановкой района плавания;

- выполнить предварительную прокладку курсов в узкости на картах самого крупного масштаба, наметить пеленги и дистанции поворотов, рассчитать точки начала и конца поворота с учетом циркуляции судна и течения;

- наметить места якорных стоянок на случай вынужденных остановок в пути;

- знать истинные и рассчитать компасные направления каждого пеленга, знать дистанции пути;

- в пределах доступной информации получить сведения о фактической навигационной обстановке в узкости: условиях видимости, ледовой обстановке, уровне воды, дноуглубительных и специальных работах, движении судов;

- предупредить вахтенную службу в машинном отделении о времени подхода к узкости;

- сличить показания часов на мостике и в машинном отделении;

- проверить работу машинного телеграфа, телефона и дублирующих средств связи мостика с машинным отделением;

- включить дублирующий рулевой двигатель;

- сделать сличение компасов и согласовать репитеры гирокомпаса;

- проверить работу РЛС, радиотелефонов, эхолота;

- проверить звуковую сигнализацию, сигнальные огни и знаки;

- проверить осадку судна;

- выставить на баке впередсмотрящего;

- подготовить оба якоря к отдаче;

- перевести управление рулем с автоматического на ручное.

Перед входом судна в узкость и при движении по ней:

- заметить момент траверза подходного буя, определив при этом место судна для проверки соответствия положения буя его штатному месту;

- на курс, ведущий в узкость, ложиться, по возможности, заблаговременно так, чтобы к моменту подхода к узкости судно находилось на заданном курсе;

- выход на линию створа производить, по возможности, заблаговременно.

При переходе с одного створа на другой учитывать циркуляцию судна;

- направление створов проверить по компасу;

- перед выходом на линию створа учесть снос судна ветром и течением, учитывая при этом, что уменьшение скорости судна вызывает увеличение сноса;

- судить о направлении и силе течения можно по наблюдению за буями либо за другими сооружениями, которые препятствуют течению;

- осуществлять непрерывный навигационный контроль за движением судна в узкости методом сочетания штурманского и глазомерного (лоцманского) способов проводки;

- проверять характеристики навигационного ограждения берегового и плавучего, учитывать возможность смещения со штатного места знаков плавучего навигационного ограждения;

- измерять глубины и сравнивать с соответствующими глубинами на карте;

- использовать ограждающие линии положения (пеленг, дистанции, ограждающие углы, изобаты);

- на сложных участках пути, на поворотах и при расхождении с судами недопустимы смена вахт и переключение судовых устройств;

- для расхождения со встречным судном необходимо заблаговременно уклониться в сторону от оси фарватера;

- перед подходом к узкости и при следовании в ней необходимо держать в работе радиотелефон для оповещения о своем движении и получения радиоинформации от других судов, плавающих в стесненных условиях. Особенно четкий обмен радиоинформацией обходим для согласования действий судов при расхождении, обгоне, в условиях ограниченной

видимости, при наличии непредвиденной опасности и т.п.;

- определение параметров движения встречного судна необходимо произвести заблаговременно на расстоянии, превышающем удвоенный выбег тормозного пути судна с учетом скорости движения и времени, необходимого для оценки ситуации;

- в пути отмечать на карте моменты траверза навигационных знаков, ограждающих фарватер, моменты поворотов,

- при изменении курса указать рулевому сторону и поворота руля по аксиометру, затем новый курс судна;

- обязательно контролировать перекладку руля, наблюдая за стрелкой аксиометра и поведением судна.

В случае, если обнаружена ошибка и команда на руль выполнена неправильно, следует положить руль в положение «Прямо» и после этого повторить нужную команду;

- маневр при выполнении поворота должен быть точно рассчитан: необходимо наметить (Время изменения скорости, рассчитать время начала поворота и угол перекладки руля с учетом радиуса циркуляции;

- скорость не должна превышать пределов, установленных местными правилами плавания, и быть достаточной для обеспечения надежного управления судном.

Движение судна в узкости должно быть под особым контролем. При наличии маневренного хода следует иметь запас скорости хода на непредвиденные случаи:

- учитывать, что при плавании в узкости и на мелководье на значительных скоростях существенно изменяются параметры сопротивления воды движению судна, уменьшается эффективность воздействия руля и винта на поворотливость судна, увеличивается осадка и при определенных условиях скорость судна может достичь опасного предела — критической величины;

- при реверсировании главного двигателя необходимо убедиться и по тахометру, и путем наблюдения за движением судна в том, что направление

вращения и частота вращения движителя соответствуют заданным. При обнаружении ошибки в работе главного двигателя поставить телеграф в положение «стоп», затем вновь повторить нужный приказ в машину и убедиться в правильности его выполнения;

- прибегать к самому полному ходу можно лишь в случае крайней необходимости и только на кратковременный период. По возможности, перед чрезмерным форсированием работы главного двигателя предупредить машинную вахту;

- в случае, если требуется экстренно затормозить движение судна, чтобы избежать столкновение с другим судном либо предотвратить посадку на мель, и в других аварийных ситуациях, когда требуется экстренное торможение, благоразумно в помощь машине отдать один или два якоря, кроме того, тормозить движение судна путем перекладки руля с борта на борт.

МАНЕВРИРОВАНИЕ В УЗКОСТИ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ С ПОМОЩЬЮ РЛС (РЕКОМЕНДАЦИИ)

При плавании в узких проходах или на фарватерах суда, как правило, следуют в двух направлениях параллельными курсами и вероятность встречи с судном, пересекающим фарватер, мала, однако о такой возможности следует помнить и учитывать ее.

В связи со стесненной обстановкой расхождение судов на расстояниях, превышающих зону опасного сближения, маловероятно, особенно при наличии нескольких судов в районе расхождения. Это обстоятельство делает проводку судна в узкости в условиях плохой видимости и при скоплении судов крайне опасной. В подобных случаях лучше перед входом в узкость стать на якорь до улучшения видимости. Если видимость ухудшилась, когда судно следовало узкостью, и стать на якорь не представляется возможным, необходимо принять все меры для обеспечения безопасного плавания.

(При движении судна в узкости характерны: необходимость прохода в

непосредственной близости от навигационных опасностей; расхождение с судами в районах, стесненных для маневрирования; быстрые изменения навигационной обстановки. Эти особенности необходимо особо учитывать при следовании узкостью в условиях ограниченной видимости с помощью РЛС.

Дальность действия РЛС D зависит от высоты антенны h_a и высоты отраженного объекта $h_{об}$.

$$D = 2,2 \left(\sqrt{h_a + h_{об}} \right)$$

где 2,2— коэффициент, учитывающий рефракцию и дифракцию.

Однако зона действия радиолокатора ограничивается районом прямой видимости, наличием теневых секторов и площадью мертвой зоны.

Плавание в узкости должно осуществляться по картам самого крупного масштаба с предварительной проработкой перехода. Безопасность плавания в условиях ограниченной видимости будет лучше обеспечена, если предварительно при хорошей видимости изучить условия прохода конкретной узкости с помощью РЛС, отметить на карте «приметные радиолокационные ориентиры, вести прокладку и навигационные определения радиолокационным и, с целью контроля, визуальным способом, чтобы с помощью сравнительного анализа установить возможные ошибки радиолокационных наблюдений.

Проводку судна в узкости осуществлять на шкале крупного масштаба дальности, перекрывающей, по возможности, оба берега узкости, с периодическим переключением экрана на шкалы более мелкого масштаба с тем, чтобы просмотреть путь судна впереди.

Во время проводки обязательно должны быть включены подвижный (ПКД) или неподвижные круги дальности (НКД) в зависимости от характера узкости, требуемой точности определений и опыта наблюдателя.

При прохождении ориентиров и знаков навигационной обстановки, при огибании мысов и на поворотах судна ПКД в сочетании с пеленгованием является наиболее надежным радиолокационным средством контроля за движением судна по линии курса. Полезно использовать фотосхемы узкости

путем сравнения их с изображением на экране РЛС.

Навигационные определения удобнее делать, когда изображение ориентировано относительно меридиана, т.е. аналогично обстановке, нанесенной на карте; в этом случае изображение местности остается неизменным и при повороте судна меняет свое направление лишь курсовая черта.

При ориентировке изображения на экране радиолокатора в режиме «Курс» изображение будет ориентировано относительно диаметральной плоскости, как при ориентировке наблюдателя, смотрящего вперед, — курсовая черта при повороте судна остается неподвижной.

При следовании в узкости задача состоит в том, чтобы удерживать свое судно в таком положении от опознавательных знаков и береговой черты, при которых судно будет перемещаться по намеченному пути.

При выполнении крутых поворотов, когда изображение на экране РЛС ориентировано по курсу, следует учитывать явление смазывания изображения. Если позволяют обстоятельства, можно сгладить крутизну поворота, разбив его на несколько секторов по $5\text{--}10^\circ$, приостанавливая угловую скорость вращения судна для восстановления изображения, либо весь поворот совершать на небольшой скорости, плавно, с небольшой угловой скоростью.

Радиолокационную проводку судна по фарватерам, оборудованным навигационным ограждением, следует осуществлять, ориентируясь по этим знакам, обязательно контролируя место судна по береговым ориентирам. По мере движения непрерывно оценивать смещение судна от намеченного пути и при необходимости корректировать курс.

При плавании в узкости, на мелководье и вблизи навигационных опасностей в условиях ограниченной видимости необходимо контролировать радиолокационное место судна наблюдением за глубинами.

Расхождение встречных судов в узкости в условиях ограниченной видимости — самый неблагоприятный случай с точки зрения дефицита времени на принятие решения, так как скорости судов, идущих встречными курсами, складываются.

6. МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДОВ ПРИ ОСОБЫХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДОВ ПРИ БОРЕ И ТЯГУНЕ

Бор — сильная приливная волна, представляющая опасность для судов. Действует в устьях рек океанского побережья. Скорость движения волны очень велика — свыше 8 м/с, высота ее в сизигию достигает колоссальных размеров — до 9 м.

Явление бора связано со временем начала прилива и рассчитывается с точностью до минут.

Движущаяся с большой скоростью масса воды представляет опасность для судов, стоящих на якоре и ошвартованных у причала, а также для судов, которые встретили приливную волну, находясь в непосредственной близости от берега.

Суда, стоящие на якоре, волна стремительно подхватывает и разворачивает на 180° носом против бора. В результате мощного динамического удара судно может быть сорвано с якоря, а суда, стоящие у причала, — со швартовов.

Для предотвращения опасности рекомендуется перед подходом бора сняться с якоря, развернуть судно носом по течению реки и встретить приливную волну, работая машиной вперед и двигаясь малым ходом вперед,

В районе действия бора швартовку судна к причалу необходимо осуществлять с отдачей якоря. Швартовные тросы не должны иметь слабинку, главный двигатель следует держать в готовности к работе. В момент прохождения приливной волны дать машине ход вперед с тем, чтобы ослабить напряжение швартовных тросов и предохранить судно от ударов о причал. Якорная цепь должна быть подобрана заблаговременно.

Тягун — явление, вызванное метеорологическими факторами (перепад атмосферного давления, волнение моря) и сопровождающееся движением огромных масс воды. Действию тягуна подвержены порты, расположенные близ глубоководных районов моря.

При тягуне суда, стоящие на швартовах в порту, перемещаются в вертикальном и горизонтальном направлениях с большой амплитудой асимметричных колебаний. Судно испытывает сильную подвижку, что приводит к мощным ударам корпуса о стенку причала и обрыву швартовных тросов.

В период действия тягуна следует особо предусмотреть безопасную стоянку. Необходимо установить судно на некотором расстоянии от причала, с учетом амплитуды подвижки. Для этой цели используются швартовные бочки и бридели, которыми, как правило, оборудуются порты, подверженные действию тягуна. С морской стороны от навала на причал судно удерживается одним или двумя якорями и швартовными тросами, закрепленными на бочках или бриделях. Крепление с береговой стороны осуществляется с помощью пружин и далеко разнесенных швартовных растительных тросов.

При креплении крупнотоннажных судов целесообразно держать швартовы на барабанах мощных автоматических швартовных лебедок.

При сильном тягуне стоянка судна у причала опасна, возникает угроза тяжелых повреждений судна и причала. В этих случаях судно должно без промедления выйти в море.

Необходимо учитывать то обстоятельство, что при тягуне в стесненных акваториях и в воротах порта действует мощное реверсивное течение и возможен сильный боковой снос судна.

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДОВ ВО ЛЬДАХ

К плаванию во льдах допускаются суда, имеющие ледовый класс Регистра СССР. Судно должно получить ледовую информацию — карты ледовой обстановки, ознакомиться с ледовым прогнозом и избрать маршрут перехода, сообразуясь с маневренными возможностями судна и степенью сложности ледовой трассы.

Осадка судна должна быть достаточной, чтобы гребной винт был полностью погружен в воду.

Подходить к кромке льда и входить в лед следует с осторожностью, на

малом ходу, под прямым углом к кромке льда и прямом положении руля, избегая сильных ударов льдин о корпус судна. В штормовую погоду входить в лед особенно опасно — существует реальная угроза повреждения корпуса судна и винторулевого комплекса. Особую опасность для одиночного судна представляют сплошные ледяные поля и торосистый лед. Форсировать участки тяжелого льда опасно, в таких случаях надо прибегнуть к помощи ледокола.

Частота вращения винта при плавании во льдах должна обеспечить безопасную скорость судна с учетом степени проходимости льда. На переходе следует особо тщательно вести счисление пути и измерять скорость движения судна при каждом изменении режима работы главных двигателей и при изменении плотности льда.

Перекладку руля можно осуществлять только на переднем ходу судна. Перед началом движения назад руль должен быть в положении «прямо». В сплошном битом льду следует избегать частой перекладки руля.

Поворот судна следует выполнять с большой осторожностью, придерживаясь внутренней кромки ледового канала, с тем, чтобы предохранить кормовую часть судна и винторулевой комплекс от ударов о лед.

При движении во льдах управляемость судна (как оворотливость, так и устойчивость на курсе) резко ухудшается, временами судно перестает слушаться руля и самопроизвольно избирает путь по линии трещин и разводей.

Стоянка во льду на якорю крайне опасна, при подвижке льда возникает угроза утери якоря. В случае вынужденной постановки на якорь можно вытравить лишь минимальное количество якорь-цепи (полторы-две глубины) так, чтобы судно сдрейфовало при внезапной подвижке льда.

Совместное плавание судов осуществляется только кильватерной колонной, как правило, под проводкой ледокола. Дистанция между судами зависит от состояния льда и условий района плавания.

Плавание с ледоколом осуществляется в соответствии с Правилами для судов, проводимых ледоколами через лед.

МАНЕВРИРОВАНИЕ ПРИ ОКАЗАНИИ ПОМОЩИ СУДНУ, ТЕРПЯЩЕМУ БЕДСТВИЕ

Маневрирование судна-спасателя для оказания помощи аварийному судну, лишенному возможности управляться, зависит от условий конкретной обстановки: особенностей судна, терпящего бедствие, состояния погоды, навигационной обстановки.

Наиболее эффективный способ оказания помощи — швартовка судна-спасателя к терпящему бедствие судну. Эта операция может быть осуществлена с согласия капитанов обоих судов, если этого требует и позволяет обстановка и состояние погоды.

Судно, лишенное возможности управляться и лежащее в дрейфе, как правило, располагается лагом к направлению ветра и зыби, поэтому подходить к такому судну лучше с подветренной стороны. Однако при наличии крена следует швартоваться к повышенному борту. Подход осуществлять под острым углом на минимальной скорости, обеспечивающей лишь управляемость судна. При этом следует учесть возможный дрейф аварийного судна. Маневрируя рулем и машиной, подойти на расстояние, позволяющее подать швартовы. На контактирующих бортах судов заблаговременно выставить кранцы (рис.48).

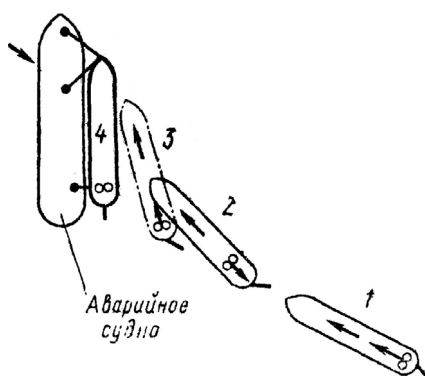


Рис. 48. Швартовка лагом к борту аварийного судна, лежащего в дрейфе

Швартовка к аварийному судну, стоящему на якоре, производится со стороны кормы. Подходить следует под острым углом на минимальной

скорости, располагая курсы против ветра и течения. При этом следует учитывать амплитуду рыскания стоящего на якорь судна и не допускать, чтобы в момент первого контакта борт о борт оно имело встречное боковое смещение. Первыми подаются носовые концы: продольный и шпринг (рис.49).

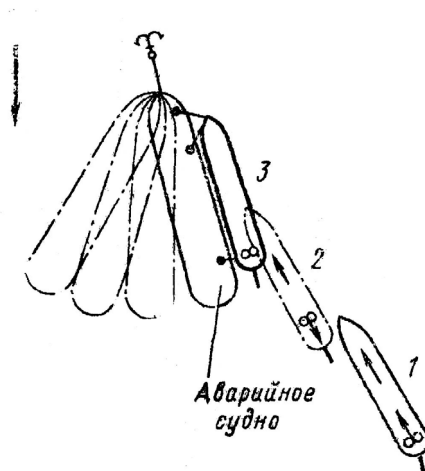


Рис. 49. Швартовка лагом к борту аварийного судна, стоящего на якорь

Принимая решение швартоваться к аварийному судну, необходимо учитывать характер его повреждений, возможность появления внезапного крена, вероятность опрокидывания и др. и представить последствия, могущие возникнуть от неправильных действий и недооценки размеров опасности.

Судно-спасатель, наряду с проведением спасательных операций, должно обеспечить и собственную безопасность.

В случаях, когда непосредственный контакт с аварийным судном опасен или невозможен, необходимо подойти к нему с наветренного борта, с помощью линеметателя подать буксир и поставить его в убежище. Когда обстоятельства позволяют, то с помощью плавсредств оживают на борт спасательную партию и организуют помощь непосредственно терпящему бедствие судну всеми возможными средствами (рис. 50).

Маневрирование судна при пожаре. При пожаре, чтобы предупредить быстрое распространение огня, следует:

- если позволяет навигационная обстановка, расположить горящее

судно под углом к ветру так, чтобы предотвратить распространение пламени в сторону пассажирских помещений, постов управления судном,

- машинного отделения и мест хранения опасных грузов;
- следовать по ветру со скоростью, равной скорости ветра, в этом случае ветер не будет способствовать распространению огня.

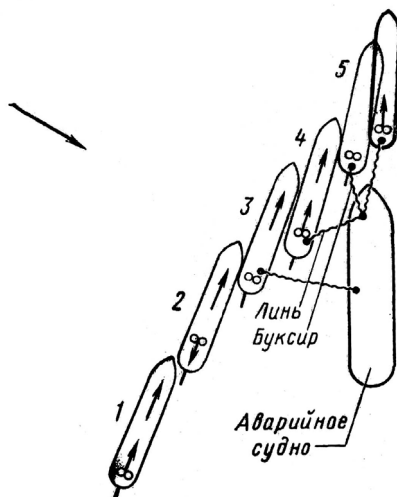


Рис. 50. Подача буксира на аварийное судно

Суда в балласте, не имеющие хода, самопроизвольно устанавливаются в положение лагом к направлению ветра, груженные суда с кормовой надстройкой — под углом 3060° к линии ветра. С точки зрения распространения огня наиболее опасен подветренный борт, поэтому к горящему судну следует подходить с наветренной стороны, чтобы более эффективно использовать противопожарные средства судна-спасателя или, при необходимости, высадить аварийную партию (рис. 51).

При чрезвычайных обстоятельствах, когда судну и экипажу угрожает гибель от огня, целесообразно затопить судно на мелководье.

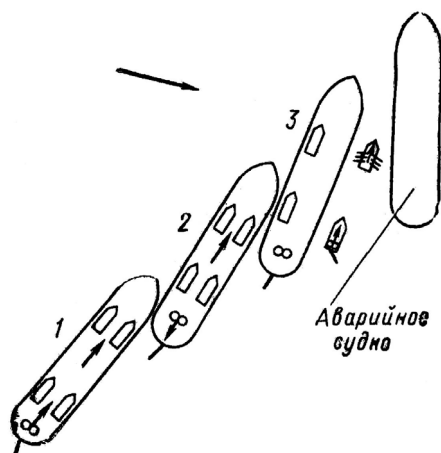


Рис. 51. Подход к судну, терпящему бедствие (пожар), и высадка аварийной партии

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДНА ПРИ ВЫСАДКЕ ЛОЦМАНА

Подход судна к месту приема (высадки) лоцмана осуществляется на самом малом переднем ходу или на инерции переднего хода. Судно следует расположить лагом к направлению ветра и волнения и удерживать в таком положении до тех пор, пока лоцман будет принят на борт. Лоцманский бот подходит с подветренного борта. Высадка лоцмана производится по парадному трапу, либо штурмтрапу с соблюдением правил техники безопасности.

В исключительных случаях, на длинной океанской волне, когда большую опасность представляет бортовая качка, при приеме лоцмана судно может двигаться на самой малой скорости по направлению хода волны.

МАНЕВР «ЧЕЛОВЕК ЗА БОРТОМ»

Маневр по оказанию помощи человеку, оказавшемуся за бортом в поле зрения вахтенной службы, осуществляется путем экстренного торможения судна для спуска шлюпки со спасательной партией. В начале маневра руль следует положить на тот борт, откуда упал человек, чтобы исключить возможность гибели человека под судовым винтом (рис. 52,а).

Когда человек, находящийся за бортом, не виден, следует выполнить поворот на контркурс: не уменьшая скорости судна, переложить руль в крайнее положение на тот борт, откуда упал человек, затем, при отклонении судна от первоначального курса на 60° , переложить руль на противоположный борт. Судно выходит на контркурс, который ведет в точку падения человека за борт (рис. 52,б).

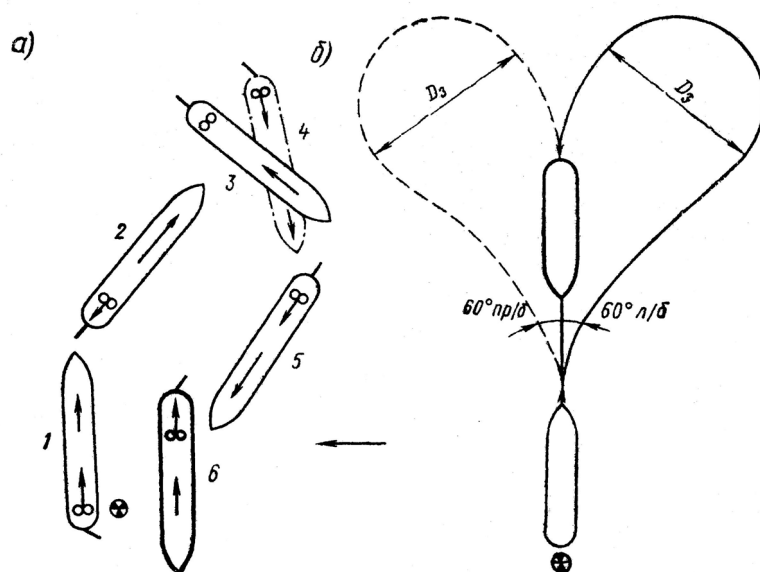


Рис. 52. Маневр «Человек за бортом»:

а — разворот при визуальной видимости; б — разворот контркурс, когда человек за бортом визуально не виден

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДОВ В ОСОБЫХ СЛУЧАЯХ

Необходимость в маневре судна при чрезвычайных или непредвиденных обстоятельствах может возникнуть в любой момент в море и в узкости при расхождении с судами, в процессе якорных и швартовных операций, на рейдовой стоянке судна и у причала.

Особые обстоятельства могут возникнуть в результате навигационной ошибки или неправильной оценки судоводителем ситуации, вследствие выхода из строя главного двигателя, рулевого или якорного устройства, обесточивания судна, водотечности корпуса, неправильного истолкования или неверного выполнения команды на руле и в машине, в результате

непредвиденного маневра другого судна при расхождении, а также по причине форс-мажорных (стихийных) обстоятельств.

При управлении судном и маневрировании необходимо во всех случаях избегать неоправданного риска и опрометчивых решений, основанных на эмоциях. Искусство управления судном в сложной обстановке заключается в умении оценить ситуацию и предвидеть поведение своего судна. Неправильная оценка ситуации, ошибочное маневрирование происходят в основном вследствие слабых знаний условий плавания и возможностей своего судна, из-за непонимания характера движения (маневра) другого судна при расхождении, пренебрежения правилами хорошей морской практики.

При чрезвычайных обстоятельствах, когда ситуация складывается так, что избежать происшествия не представляется возможным, необходимо учитывать последствия случая и предпринимать действия, которые свели бы к минимуму ущерб. Так, если судоводитель стоит перед дилеммой столкновения или посадки на мель, следует учесть, что столкновение вовлекает в аварию два судна, и в этом случае посадка на мель предпочтительнее, если, конечно, она не повлечет за собой более тяжелых последствий. При посадке на мель необходимо особо оберегать от повреждения винторулевой комплекс—предпочесть посадку судна носом.

ЭКСТРЕННОЕ ТОРМОЖЕНИЕ СУДНА С ПОЛНОГО ХОДА ВПЕРЕД

Значительный рост размеров судов при сравнительно небольшом увеличении мощности их двигателей создал проблему обеспечения безопасности плавания в связи со значительным увеличением тормозного пути судна.

Экстренное активное торможение судна, идущего полным ходом, не может быть обеспечено только работой главных двигателей. Для максимального уменьшения длины тормозного пути и сокращения времени торможения можно, наряду с использованием главной машины, тормозить движение перекладкой руля и отдачей якорей.

Торможение с помощью руля. На циркуляции судна, выполненной с полного хода вперед при положении на борт руле, падение скорости превышает 60—70% за счет дополнительного сопротивления вызванного переложением на борт рулем и боковым сопротивлением подводной части корпуса судна.

Эффект маневра торможения рулем зависит от начальной скорости судна, площади пера руля и маневренных качеств судна. Падение скорости будет максимальным в начальный период поворота, т. е. при полной скорости переднего хода судна. На малых начальных скоростях торможение рулем неэффективно. Перекладка руля при работающей назад машине также заметного тормозного действия не оказывает.

Оптимальный вариант использования руля для торможения может быть определен для каждого судна опытным путем. При этом необходимо учитывать, что при перекладке руля возникает значительный динамический крен, величина которого может превышать 10—12°, что для судов, обладающих малой остойчивостью, представляет известную опасность.

Вариант маневра: на полном ходу положить руль судна лево на борт; при изменении курса примерно на 60° переложить руль на противоположный борт, затем, когда судно придет на первоначальный курс, вновь переложить руль лево на борт и, как только судно пойдет влево, отработать машиной полным ходом назад. Тормозной путь будет значительно меньше, чем при отработке машиной полным ходом назад в начальный период торможения. Боковое смещение от линии первоначального курса будет в пределах 0,5–1,5 длины корпуса судна.

Торможение с помощью якорей. Якорь, положенный на грунт, является одним из основных средств торможения и существенно повышает маневренные возможности при плавании в стесненной обстановке.

При движении судна с отданным якорем центр сил сопротивления смещается к носу, что повышает эффективность действия руля. Наряду с этим, эффективность действия руля повышается за счет возрастания скорости,

набегающей на перо руля, винтовой струи в результате снижения скорости судна при неизменной нагрузке машины.

Эти факторы положительно влияют на маневренность судна — улучшается его поворотливость и значительно сокращается радиус циркуляции. Эксперименты М.М.Лескова и других показали возможность отдачи якорей на полном ходу судна на такой глубине, где отданный якорь не соприкасается с грунтом. Этот способ совместно с другими способами торможения (рулем и машиной) применяется в особых случаях для экстренного торможения судна с целью предотвратить серьезную опасность — столкновение, посадку на мель и др.

Сопротивление обоих якорей с одной-двумя смычками якорь-цепи на каждом при движении соизмеримо с сопротивлением корпуса судна и соответствует потере-25—30% силы упора гребного винта.

Длина тормозного пути судна,двигающегося со значительной начальной скоростью, при отработке машиной полным ходом назад с одновременной отдачей обоих якорей сокращается примерно на треть по сравнению с длиной тормозного пути без отдачи якорей. Эффективность торможения путем отдачи якоря либо методом перекладки руля имеет особое значение для турбоходов, имеющих небольшую мощность заднего хода.

Следует учитывать, однако, что при значительных скоростях судна эффективность тормозного действия якорей в начальный период может несколько снизиться, так как вытравленные якорь-цепи могут быть прижаты к корпусу судна.

Якорь, стравленный в воду, действует подобно якорю, положенному на грунт, наряду с фактором торможения улучшается управляемость судна и увеличивается крутизна циркуляции, но с меньшей эффективностью. Новейшие суда оборудованы автоматической дистанционной системой отдачи якорей, позволяющей регулировать скорость вытравливания якорь-цепи, фиксировать количество вытравленных смычек и прекращать дальнейшее вытравливание по сигналу с мостика судна. Оптимальный вариант

вытравливания якорей и якорь-цепей для конкретного судна можно установить опытным путем, рассчитав при этом сопротивление якорей и якорь-цепей (пересчетом по падению скорости судна или изменению упора винта), и составить графики относительного сопротивления якорей по отношению к сопротивлению корпуса судна в зависимости от скорости хода, определить диаметр циркуляции судна с вытравленными якорями. Этими данными можно руководствоваться при маневрировании в стесненной обстановке для экстренного торможения в опасных ситуациях, для предотвращения столкновения с судами и ослабления силы навала на береговые сооружения.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Маневренность судна.....	3
Ходкость.....	3
Инерция.....	9
Определение инерционно-тормозных параметров судна.....	12
Управляемость.....	13
Циркуляция.....	18
Влияние различных факторов на маневренность судна.....	24
2. Маневрирование судов, оборудованных различными двигательными комплексами.....	30
Маневрирование одновинтового судна	30
Маневрирование двухвинтового судна	36
Маневрирование судна, оборудованного винтом регулируемого шага (ВРШ)	37
Маневрирование судна с крыльчатым двигателем.....	38
Средства повышения эффективности двигательного комплекса	39
Средства активного управления судном.....	40
Автоматизация процессов маневрирования судна.....	42
3. Маневрирование при якорных и швартовных операциях.....	47
Постановка судна на якорь	47
Постановка судна на два якоря и на бочки.....	53
Маневрирование при съёмке с якоря	58
Маневрирование при швартовных операциях.....	60
Использование буксиров при швартовных операциях.....	70
4. Маневрирование для безопасного расхождения судов согласно МППСС-72.....	76
Правила плавания и маневрирования	76
Маневрирование при расхождении судов, находящихся на виду друг у друга	81
Плавание судов в условиях ограниченной видимости	88

Маневрирование при расхождении судов в условиях ограниченной видимости	90
5. Маневрирование судов при плавании в узкости	97
Узкость.....	97
Особенности плавания и маневрирования судов в узкости и на мелководье	98
Плавание в узкости (рекомендации)	111
Маневрирование в узкости в условиях ограниченной видимости с помощью РЛС (рекомендации)	115
6. Маневрирование судов при особых обстоятельствах	118
Маневрирование судов при боре и тягуне	118
Маневрирование судов во льдах.....	119
Маневрирование при оказании помощи судну, терпящему бедствие...	121
Маневрирование судна при высадке лоцмана.....	124
Маневр «Человек за бортом».....	124
Маневрирование судов в особых случаях.....	125
Экстренное торможение судна с полного хода вперед.....	126

ВИКТОР АЛЕКСЕЕВИЧ КОРНАРАКИ

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДОВ

Рецензент С.Г.Погосов
Редактор Г.Н.Хохлачев
Технический редактор Л.Г.Дягилев
Корректоры: В.А.Спиридонова, Л.Я.Анашкина
ИБ № 10

Сдано в набор 30.01.79
Подписано к печати 13.07.79
Т-09577. Формат бумаги 84x108 $\frac{1}{32}$. тип. №2
Гарн. Литературная. Печ.высокая.
Печ.л. 4,0 (усл. 6,72). Уч.-изд.л. 6,58.
Тираж 10000. Зак.тип. 63. Цена 35 коп.
Изд. № 1-3-1/11 № 7762
Изд-во «Транспорт», 107174, Москва,
Басманный туп., ба

Московская типография № 19
Союзполиграфпрома
Государственного комитета СССР
По делам издательств, полиграфии
И книжной торговли,
Г.Москва, Б-78, Каланчевский туп., д.3/5