

**Краткий конспект лекций**  
**«Управляемость судов и составов»**  
**26.04.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов**  
**морской инфраструктуры (МЗКСР)**

**1. Управляемость и инерционные свойства судна**

*Управляемость* — это способность подчиняться действию руля.

*Рыскливость* — отклонение от курса независимо от действия руля.

*Устойчивость на курсе* — это способность сохранять заданное ему направление движения.

*Увальчивость* — свойство уклоняться в своем движении под ветер при руле, поставленном прямо.

*Поворотливость* — способность быстро и легко подчиняться действию руля.

*Инерционные свойства* — это способность сохранять заданное ему первоначальное ускорение.

Управляемость судна зависит от работы гребных винтов, крена, дифферента и осадки судна, ветра и волнения, глубины воды под килем, расстояния до стенок гидротехнических сооружений бровок каналов и узкостей. Основным фактором, определяющим управляемость судна, является взаимодействие комплекса: руль — винты — корпус. При вращении винта по часовой стрелке (если смотреть с кормы) лопасти винта испытывают воздействие воды, направленное против часовой стрелки и называемое *силой реакции D* (рис. 181,а).

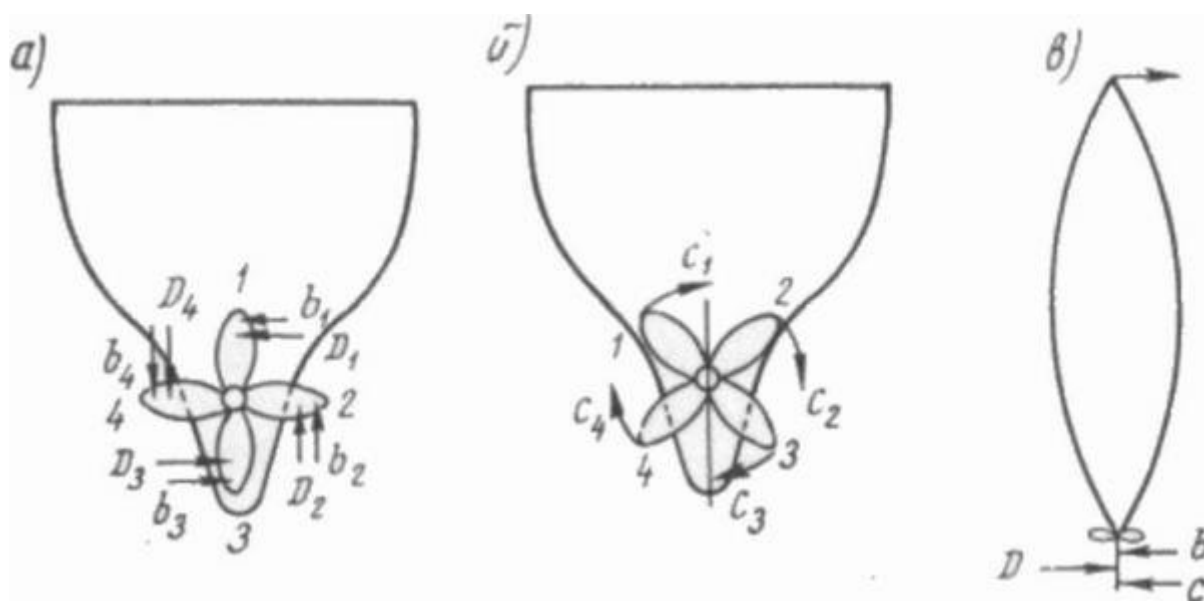


Рис. 1. Работа гребных винтов.

Вследствие того что гидростатическое давление у нижней 'лопасти винта всегда больше, чем у верхней (сила  $D1$  меньше силы  $D3$ ), силы реакции стремятся отклонить корму судна вправо. Воздействие сил реакции на горизонтально расположенные лопасти винта (сила  $D2$  и  $D4$ ) направлено в противоположные стороны и вызывает вибрацию кормовой части судна.

Струи воды за кормой, имея направление назад, вращаются в виде спирали, наталкиваясь на перо руля. Сила набрасываемой струи  $C$  (рис. 1, б) всегда больше у нижней части руля (где больше гидростатическое давление) и поэтому стремится отклонить корму судна влево.

Во время движения судна вперед за его кормой образуется разреженное пространство, в которое устремляется вода, находящаяся сзади судна. Так как разрежение больше у верхней более широкой части кормы ( $b1 > b2$ ), сила попутного следа  $b$  (см. рис. 1, а) стремится отклонить корму влево.

Сумма сил набрасываемой струи  $C$  и попутного следа  $b$ , как правило, больше силы реакции  $D$ , поэтому при движении вперед судна, имеющего один винт правого шага, на установившемся ходу при прямом положении руля корма уклоняется влево, а нос — вправо.

В первый момент после того, как дали передний ход, действует только сила реакции и корма судна стремится вправо. По мере поста скорости отклонения судна влево уменьшается, и как только судно наберет определенную скорость, нос судна начнет уклоняться вправо. Диаметр циркуляции судна с винтом правого шага при повороте вправо меньше, чем при повороте влево.

При ходе назад судна с винтом правого шага силы реакции, направленные по часовой стрелке, стремятся уклонить корму влево. Силы набрасываемой струи также уклоняют корму влево. Это объясняется тем, что лопасть винта, находящаяся справа, набрасывает струю на кормовой подзор под углом, близким к  $90^\circ$ , а левая лопасть направляет струю почти параллельно кормовому подзору под киль. Действие всасываемой струи при прямом положении руля не оказывает влияния на уклонение кормы. Таким образом, на заднем ходу судна с винтом правого шага корма его уклоняется влево, а нос — вправо.

Для удержания судна с одним винтом правого шага на прямом курсе в нормальных условиях при ходе вперед необходимо держать руль немного влево. Удержать судно на заднем ходу на прямом курсе поворотом руля вправо очень трудно.

Если судно имеет ход вперед, а машины работают задним ходом при прямом положении руля, нос судна уклоняется вправо. При руле, положенном на борт, нос судна уклоняется в сторону положенного руля до момента погашения судном инерции вперед.

При перемене заднего хода на передний в первый момент работы винтов сила реакции резко отбрасывает корму вправо. Поэтому следует сначала положить руль вправо на борт для увеличения силы набрасываемой струи (сила винтовой отработки), а затем отводить его, сообразуясь с конкретной обстановкой.

На двухвинтовом судне винты вращаются в разные стороны, поэтому действие сил реакции, набрасываемой струи и попутного следа взаимно уничтожается.

Двухвинтовое судно описывает примерно такую же циркуляцию, как и одновинтовое при работе двух машин. При застопоренной машине того борта, куда осуществляется поворот, диаметр циркуляции значительно уменьшается. При работе машин «враздрай» (одна вперед, другая назад) судно можно развернуть на месте, но время разворота увеличится. При выходе из строя одной машины судно можно удержать на курсе, если по борту работающей машины не действуют сильный ветер и волнение.

Управляемость судна зависит от типа, формы, размеров и установки руля. Чем больше площадь пера руля, тем быстрее можно выполнить заданный маневр.

При выводе руля из среднего положения на угол  $\alpha$  вода, обтекающая судно, будет производить давление  $P$ , направленное нормально к плоскости пера руля (рис. 182, а) и приложенное в Центре давления, который в общем случае не совпадает с центром тяжести площади пера руля. Силу давления воды на руль  $P$  можно определить по приближенной формуле Жосселя

$$P = \frac{k \sin \alpha}{0,2 + 0,3 \sin \alpha} \cdot S V^2,$$

где  $k = 40$  для одновинтовых судов со скоростью 8—12 узлов и  $k = 22,5$  для двухвинтовых судов;  $\alpha$  — угол перекладки руля;  $S$  — площадь пера руля, которая приближенно может быть вычислена по формуле  $S = k_1 L T$ ;



формуле

$$M \approx \frac{L}{2} P \cos \alpha.$$

Разложив силу  $P_1$ , получим силу  $F$ , увеличивающую сопротивление движению судна, и силу  $Q$ , которая создает дрейф судна.

Циркуляция судна при отклоненном на постоянный угол  $\alpha$  совершается так, как показано на рис. 182, б. Диаметр установившейся циркуляции судна можно приближенно определить по формуле

$$D_0 = 2 \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{V}{S},$$

где  $k_1$  — эмпирический коэффициент, зависящий от водоизмещения судна  $V$ , длины  $L$  и площади погруженной части диаметральной плоскости  $F_{ДП}$   $k_2$  — эмпирический коэффициент, зависящий от угла перекладки руля  $\alpha$ .

Значения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  приведены в табл. 1;  $V$  — объемное водоизмещение судна,  $\text{м}^3$ ;  $S$  — площадь пера руля,  $\text{м}^2$ .

ТАБЛИЦА 1

$\frac{V}{L F_{ДП}}$	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
$k_1$	1,41	1,10	0,85	0,67	0,55	0,46	0,40	0,37	0,36	0,35	0,34
$\alpha^\circ$	10	15	20	25	30	35	40				
$k_2$	0,55	0,73	0,85	0,95	1,00	1,05	1,00				

Тактический диаметр циркуляции на полном ходу с рулем, отклоненным на угол  $\alpha = 30^\circ$ , определяется по эмпирической формуле

$$D_T = \frac{L^2 T}{10S}.$$

Обычно тактический диаметр циркуляции составляет 90—120% от диаметра установившейся циркуляции или колеблется от четырех до семи длин судна. Диаметр циркуляции уменьшается с ростом скорости судна и угла перекладки руля. Он зависит также от соотношения длины судна к ширине. Скорость, диаметр циркуляции и другие маневренные элементы судна определяются на ходовых испытаниях судна, на мерной миле или в процессе эксплуатации и записываются в

специальные таблицы в журнале маневренных элементов судна, отдельно для разных случаев загрузки и режимов работы машин.

Расстояние, на которое переместится судно в направлении первоначального движения от точки начала циркуляции до поворота судна на  $90^\circ$ ,  $l_1$  составляет для различных судов 60—120% от величины диаметра циркуляции  $D_0$ . Расстояние от линии первоначального курса до точки, когда судно повернется на  $90^\circ$ ,  $h$  составляет 50—60% от  $D_0$ . Наибольшее отклонение судна от линии первоначального курса в сторону, противоположную повороту  $l_3$ , достигает 10% от  $D_0$ .

Скорость судна на установившейся циркуляции можно определить по следующей эмпирической формуле:

$$V_u = \frac{V}{1 + 7,6 \left( \frac{L}{D_0} \right)^2}$$

Центробежная сила  $Q$  приложена в центре тяжести судна  $Z_d$ , а сила бокового сопротивления — примерно посередине осадки судна  $T$ , что на установившейся циркуляции вызывает крен судна обычно в сторону, противоположную циркуляции. Максимальный угол крена на установившейся циркуляции  $\Theta_{\max}$  можно вычислить по приближенной формуле Г. А. Фирсова

$$\Theta_{\max} = 1,4 \frac{V_u}{hL} \left( Z_d - \frac{T}{2} \right),$$

где  $h$  — поперечная метацентрическая высота судна, м. В начальный период перекладки руля судно получает крен в сторону поворота, так как центр давления на руль расположен обычно ниже центра тяжести судна и центра бокового сопротивления дрейфу.

На управляемость судна влияет форма подводной части судна. Чем больше длина и осадка судна, но меньше ширина, тем устойчивее оно на курсе.

При наличии крена судно стремится уклониться от курса в сторону, противоположную крену, так как на наклоненный борт действуют силы давления воды значительно большие, чем на противоположный борт. При наличии дифферента судна нос обводы корпуса испытывают большее сопротивление, что снижает ход судна. Так как площадь носовой части подводного борта при дифференте на нос больше, чем кормовой, поворот судна осуществляется как бы вокруг точки, расположенной между миделем и носом судна. Это приводит к «забрасыванию» кормы влево при повороте вправо и наоборот. При дифференте на нос радиус циркуляции судна уменьшается.

При небольшом дифференте на корму улучшается ход судна. Поворот судна в этом случае происходит как бы вокруг точки, расположенной между миделем и кормой судна. Забрасывание кормы на повороте меньше, чем при дифференте на

нос. Слишком большой дифферент на корму ухудшает ход судна. При одновременном действии крена и дифферента судна влияние крена на управляемость судна увеличивается при дифференте на нос и уменьшается при дифференте на корму. В последнем случае радиус циркуляции судна увеличивается.

*Качка* судна ухудшает управляемость. Встречное волнение сбивает нос судна под ветер, попутное волнение усиливает рыскливость судна.

*Влияние ветра* на управляемость судна зависит от сочетания таких факторов, как длина судна, высота надводного борта, осадка, крен, дифферент судна, форма штевней, количество, форма и расположение надстроек, сила ветра, наличие палубного, груза, курс судна относительно ветра.

Судно с застопоренными машинами становится в бакштаг по отношению к ветру либо лагом. Большое число развитых надстроек в носовой части способствует уваливанию судна носом под ветер на переднем ходу и выходу судна кормой на ветер на заднем ходу. В последнем случае судно трудно удержать на заданном курсе. Суда, имеющие развитые надстройки в кормовой части, на переднем ходу обладают повышенной рыскливостью, а на заднем — плохо выходят на ветер. Обтекаемые формы надводной части судна способствуют улучшению управляемости судна. Чем ближе направление встречного ветра к диаметральной плоскости судна, тем больше увальчивость судна. В этом случае малейший поворот судна от ветра приводит к резкому увеличению парусности наветренного борта, и сила бокового давления ветра быстро возрастает. При курсовых углах ветра более  $90^\circ$  большинство судов дрейфует на ветер. Это объясняется тем, что время рыскания судна на ветер обычно больше времени рыскания под ветер.

На управляемость судна оказывает влияние род двигателя судна. Наиболее удобным двигателем с этой точки зрения является паровая машина, которая дает возможность в широких пределах варьировать числом оборотов винта. Двигатель внутреннего сгорания при запуске дает сразу большое число оборотов и сообщает резкое поступательное движение судну, что в значительной степени затрудняет маневрирование. Время реверса на турбинных и дизельных установках гораздо больше, чем у паровой машины, а процесс реверсирования сложнее.

Наличие палубного груза, уложенного высокими штабелями, увеличивает парусность судна и снижает его управляемость. Поворотливость судна снижается при относительной перегрузке концевых трюмов, поэтому следует концентрировать нагрузку в срединных трюмах.

Инерционные свойства судна являются важным фактором в эксплуатации судна. Аварии судов часто являются следствием плохого знания и учета судоводителями инерционных качеств судов. Инерция судна зависит от сообщенной ему кинетической энергии, которая пропорциональна массе судна и

квадрату скорости его. Сила движения судна вперед почти в 2 раза больше силы торможения судна сопротивлением воды при свободном гашении инерции. Поэтому путь и время разгона судна значительно меньше пути и времени торможения судна.

*Путем торможения* называют путь, который пройдет судно при полном ходе вперед после момента дачи сигнала «стоп машины».

Длина тормозного пути судна с хорошими обводами без работы винтами назад примерно равна 25—30 длинам судна (1500—3000 м). Время до полной остановки судна колеблется в пределах 10—20 мин. Длина тормозного пути при работе машин полным ходом назад сокращается до 4—7 длин судна (300—800 м), а время до полной остановки — до 2—4 мин. Длина тормозного пути судна уменьшается с ростом мощности машин при работе на задний ход и уменьшением водоизмещения судна. Практически чем быстроходнее судно, тем сравнительно меньше длина его тормозного пути при работе винтов полным ходом назад. Исключение составляют суда с турбинными установками, мощность которых при работе на задний ход равна 30—50% мощности на передний ход.

Установлены следующие соотношения между силой заднего хода  $N_3$ , силой переднего хода  $N_П$  и длиной тормозного пути судна  $S$ , выраженной в длинах судна  $L$ :

$$K = \frac{N_3}{N_П} \quad 0,25; \quad 0,50; \quad 0,75; \quad 1,00; \quad 1,25;$$

$$n = \frac{S}{L} \quad 11; \quad 7; \quad 5; \quad 4; \quad 3,5.$$

Способность судна гасить свою инерцию во многом зависит от загрузки судна, дифферента, типа и мощности силовой установки, гидрометеорологических факторов.



## 2. Якорная стоянка судна

Выбор места якорной стоянки зависит от ее цели. При отстое судна от шторма во внимание принимают только вопросы обеспечения безопасности судна. При постановке судна на якорь для проведения погрузочно-разгрузочных работ и высадки пассажиров судно ставят возможно ближе к порту (берегу), чтобы обеспечить скорейшую выгрузку. Во всех случаях принимают все меры предосторожности для безопасности судна. Если суда оказываются на незащищенном рейде, они должны менять место стоянки в зависимости от погоды и других факторов.

Для якорной стоянки имеют значение глубины, рельеф дна, грунт, величина свободной акватории рейда. Под влиянием изменения направления ветра или течения стоящее на якорю судно может перемещаться по окружности относительно якоря. Радиус этой окружности равен сумме длины судна и горизонтальной проекции якорь-цепи. Поэтому расстояние до ближайшей опасности должно несколько превышать этот радиус.

При постановке судна на якорь учитывают глубину и изменение глубин в период стоянки. Лучшими для стоянки судов, имеющих осадку около 10 м, являются глубины 15—30 м. Для судов с осадкой около 6 м оптимальными являются 8—20 м. Минимальную глубину якорной стоянки определяют по эмпирической формуле

$$H = T + \frac{2}{3} h + 0,6,$$

где  $T$  — осадка судна, м;

$h$  — наибольшая высота волны во время стоянки, м;

0,6 — минимальный запас воды под килем, м.

При стоянке в районе действия приливно-отливных течений такой расчет делается на момент наибольшего отлива в период стоянки.

Для судов в балласте и неполностью загруженных требуется якорная стоянка более защищенная, чем для судов в полном грузу. Это объясняется тем, что суда в балласте имеют большую парусность и более подвержены действию ветра. Они сильно рыскают на якорю, из-за чего может быть разорвана якорь-цепь или вызван дрейф судна. Благоприятными условиями для якорной стоянки судов считают хороший грунт, ветер не более 5 баллов, умеренное волнение и слабое течение. Грунт на месте якорной стоянки должен быть по возможности ровным.

С точки зрения якорной стоянки грунты можно разделить на три группы. Хорошими грунтами считаются глинистые и илистые с песком, грунты с галькой, ракушечником; средними — чистая глина и ил, песок, галька; плохие грунты — каменистые.

Длина вытравливаемой якорь-цепи зависит от глубины места, погоды и материала, из которого изготовлена якорь-цепь. На рис. 183 приведен график зависимости длины якорь-цепи от глубины места стоянки. В основу графика положена формула

$$L = k \sqrt{H},$$

где  $L$  — длина якорь-цепи, м;

$H$  — глубина места стоянки, м.

Коэффициент  $k$  для якорь-цепи из сварочного железа равен 25, для якорь-цепи из ковкой стали — 27,5, для якорь-цепи из стали повышенного сопротивления разрыву — 38,6.

Во время якорной стоянки судно под воздействием ветра, течения и волнения рыскает. Наиболее опасными являются положения судна, когда якорь-цепь испытывает наибольшее натяжение. Особенно опасным является положение, когда якорь-цепь ложится на форштевень и испытывает добавочные изгибающие моменты.

Натяжение якорь-цепи при рыскании суммируется из сил воздействия ветра, течения и центробежной силы инерции. Максимальное добавочное напряжение на якорь-цепь от действия силы инерции при рыскании можно определить по формуле

$$R_{доб} = \frac{D}{g} l_1 \varphi_0^2 \left( \frac{2\pi}{T_0} \right)^2,$$

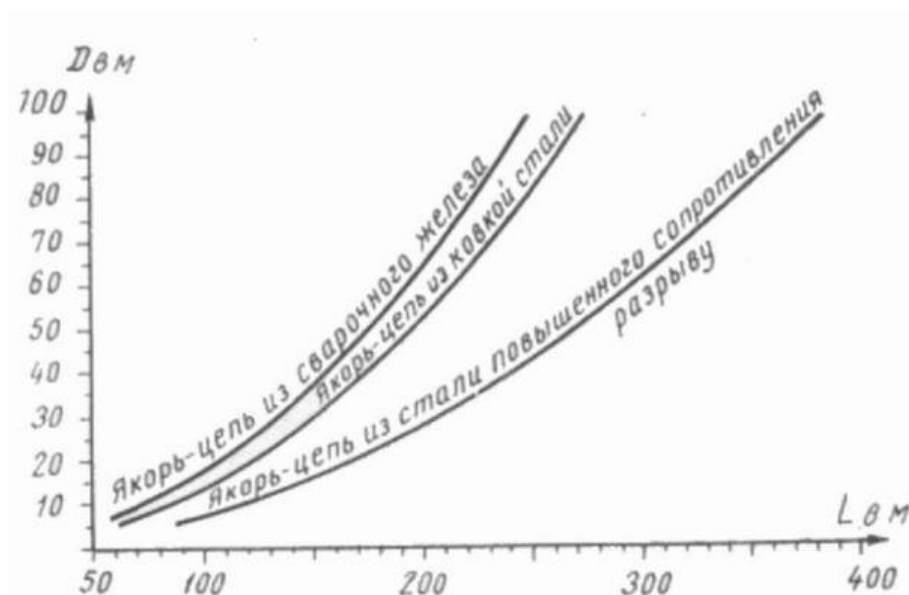


Рис. 3. Натяжение якорь-цепь

где  $D$  — водоизмещение судна, т;

$g$  — 9,81 — ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>;

$l_1$  — горизонтальное расстояние от якоря до центра тяжести судна, м;

$\varphi_0$  — амплитуда рыскания, град;

$T_0$  — период рыскания, сек.

После подстановки известных значений получим

$$R_{\text{доб}} = 4Dl_1 \left( \frac{\varphi_0}{T_0} \right)^2.$$

Если выразить  $\varphi_0$  в градусах,  $T_0$  — в минутах, то вместо коэффициента 4 нужно взять  $3,4 \cdot 10^{-7}$ .

Амплитуда рыскания уменьшается, если угол между направлением течения и ветра близок к  $90^\circ$ . Для уменьшения рыскания в свежую погоду необходимо по возможности добавочно вытравить якорь-цепь тем больше, чем сильнее ветер и меньше глубина. При ветре в 7 баллов и средних глубинах вытравливают якорь-цепь в полтора раза больше, чем в тихую погоду, а на малых глубинах — в два раза больше.

Для уменьшения рыскания якорь-цепи, когда цепь ложится на форштевень, руль следует положить в сторону, противоположную отданному якорю. В моменты опасных напряжений рекомендуется потравить якорь-цепь или погасить инерцию работой, машин, однако так, чтобы судно не получило движения вперед от машин, ибо это приведет в дальнейшем к более резким рывкам.

Во время стоянки судна на открытом рейде оно должно быть готово в любой момент сняться с якоря и уйти в море.

При постановке судна на якорь учитывают обстановку на рейде. Не следует подходить к месту стоянки с наветренной стороны или со стороны течения по отношению к стоящему на якорю судну или опасности. Подход к месту якорной стоянки осуществляют малым ходом; часто определяют глубину; в особо сложных случаях предварительно посылают шлюпку для промера глубин.

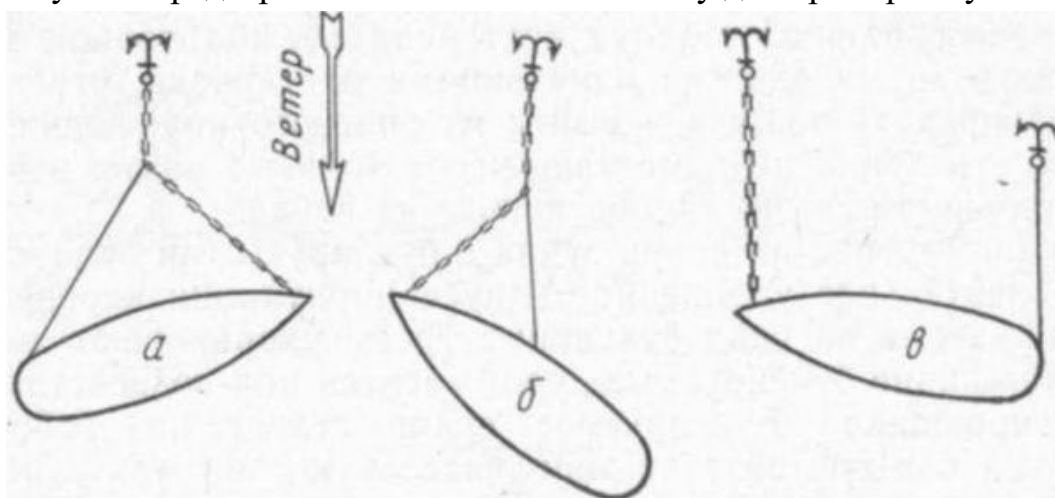


Рис. 4. Обстановка на рейде

При слабом ветре, незначительном течении и волнении к месту якорной стоянки подходят с любого направления. В общем случае нужно подходить под углом не более 15—20° к направлению ветра или течения.

Перед отдачей якоря рулем приводят судно прямо против ветра (течения, волнения) и, погасив инерцию, дают машинам ход назад. Как только судно получит ход назад, отдают якорь. В аварийных случаях и на значительной скорости якорь отдают при малой скорости вперед. При одновременном действии ветра и течения учитывают, что ветер сильнее действует на незагруженные суда с большим надводным бортом, а течение — на суда с большей осадкой.

Если в период якорной стоянки на рейде в закрытой бухте появляется волнение, не опасное для судна, но причиняющее вред плавсредствам, судно устанавливают лагом к волнению или ветру. Для этого через кормовые кипы борта со стороны, противоположной борту выгрузки, на якорь-цепь подают и крепят трос (шпринг). Якорь-цепь травят, и судно становится лагом к ветру (рис. 4, а).

При постановке на шпринг судно можно расположить под любым углом к ветру или волнению, но съёмка с якоря усложняется и возникает опасность намотки шпринга на винт. При постановке на шпринг вполкорпуса (рис. 4, б), когда шпринг заводят из бортового клюза, расположенного перед надстройкой, судно получает большую маневренность. Способ постановки судна на шпринг с завозом верпа или стоп-анкера (рис. 4, в) менее надежен, так как верп может поползти. Но этот способ удобен тем, что перлинь можно легко отдать и сразу получить возможность маневрирования на якоре.

Постановка на бочку требует проведения ряда подготовительных мероприятий и спуска шлюпки для крепления швартова на бочке. В качестве швартова применяют якорь-цепь. Не рекомендуется заводить на бочку несколько швартовов, так как всю нагрузку почти полностью принимает на себя обычно только один трос, а маневр значительно усложняется.

Во время якорной стоянки вахтенная служба должна постоянно следить за малейшими изменениями обстановки, чтобы вовремя предупредить аварию и выйти из опасного положения. В машинном отделении и на мостике несут ходовые вахты независимо от длительности стоянки и обстановки на рейде.

При постановке на якорь судна с буксируемыми судами учитывают значительное удлинение радиуса циркуляции каравана. При входе каравана на рейд буксирные тросы укорачивают до минимума. Рыскание буксиремых судов гасится под воздействием массы буксировщика. Буксируемое судно ставят на собственный якорь, так как оно создает дополнительную нагрузку на якорь-цепь буксировщика и, кроме того, может произойти навал судов друг на друга.

### 3. Маневрирование судна в узкостях

При плавании в узкостях управление судном значительно усложняется стесненностью акватории, мелководьем и необходимостью частого расхождения и обгона судов.

На мелководье судно плохо слушается руля, особенно при разворотах машинами. Скорость уменьшается. Изменение глубин приводит к сильной рыскливости. При резком изменении глубин судно рыскает носом в сторону большей глубины.

При прохождении узкостями скорость судна замедляется до 25—30%, поворотливость снижается, рыскливость увеличивается. Рыскливость судна приводит к потерям эксплуатационного времени (удлинению времени перехода) до 5—6% и затрате дополнительного топлива на переход.

Глубина фарватера, при которой не сказывается влияние мелководья на сопротивление судна, определяется по приближенной Формуле

$$H \geq 4T + 3 \frac{V^2}{g},$$

где  $T$  — осадка судна, м;  $V$  — скорость судна, м/сек.

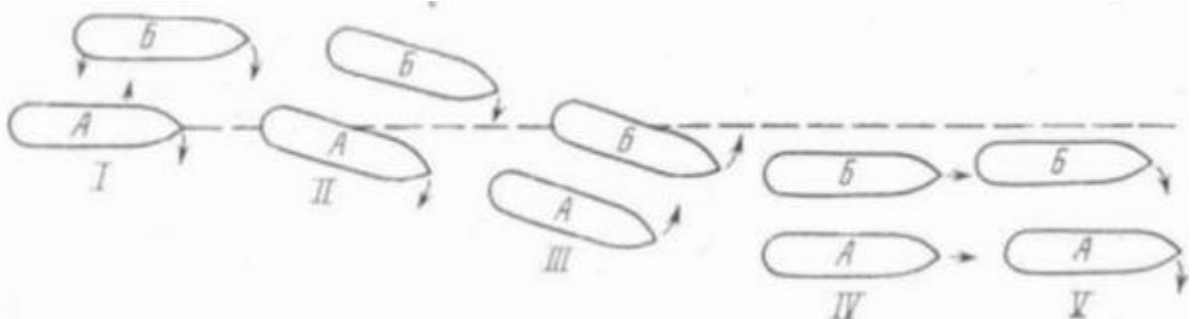


Рис. 5. Схема прохождения узкостей

При управлении судном в узкостях необходимо учитывать явление присасывания, возникающее от взаимодействия гидродинамических полей судов, движущихся близко друг к другу, а также в результате влияния течений, узкостей и мелководья. Явление присасывания особенно проявляется при обгоне одного судна другим, при подходе судна к месту стоянки другого судна, при проходе устоев мостов на реках с большим течением. Присасывание, являющееся следствием неравномерного давления воды вокруг судна и вызываемого им волнения, возрастает с ростом скорости и уменьшением расстояния между судами.

Взаимное присасывание двух одинаковых судов при обгоне имеет следующий характер (рис. 186). Судно А медленно обгоняет судно Б. Когда судно А перекроет 1/5 длины судна Б (положение 1), нос судна А будет уклоняться вправо, а корма

судна Б — влево. Между судами возникнет сила притяжения, а вращательное усилие будет отклонять их вправо.

В положении II, когда перекрытие корпуса достигнет  $2/5 L$ , суда продолжают отклоняться вправо, но сила притяжения уменьшается до минимума. Когда перекрытие достигнет значения  $3/5 L$  (положение III), суда начнут уклоняться влево, одновременно испытывая сильное притяжение, которое будет увеличиваться до момента выхода судна А на траверз судна Б (положение IV), где вращательное усилие перестанет действовать. Когда судно А выйдет вперед (положение V), сила притяжения будет равна нулю, а суда начнут уклоняться вправо.

Из рассмотренного видно, что при обгоне судна одинакового размера с обгоняющим оба судна отклоняются в одну и ту же сторону и столкновение маловероятно, но возможно опасное сближение судов друг с другом.

Наиболее опасной является ситуация, когда обгоняемое судно имеет значительно большие размеры, чем обгоняющее, а последнее движется в волновой области, образованной нагоняемым. Для устранения возможности столкновения обгоняющее судно должно идти вне волновой области. Обгоняющее судно должно выдерживать безопасную дистанцию между диаметральной плоскостями судов, которая должна быть равна не менее  $0,9$  длины обгоняемого судна.

Маневры по развороту судна в узкостях требуют особого внимания и осторожности. При отсутствии ветра и течения разворот осуществляют с помощью якоря. Для этого выбирают место с достаточными глубинами и шириной фарватера. На малом ходу подходят к бровке фарватера или берегу того борта, через который осуществляют разворот, и отдают якорь, соответствующий борту разворота. После этого кладут руль на борт и, работая машинами вперед, разворачиваются. Когда судно развернется на угол более  $120—130^\circ$ , руль переключают на другой борт и работают задним ходом до полного разворота. При этом следует остерегаться навала судна на бровку фарватера или берег.

Разворот облегчается, если судно следует по течению или с попутным ветром, так как эти силы помогают развернуть его в нужном направлении.

Гораздо сложнее развернуть судно, следующее против течения или ветра. В этом случае целесообразно использовать кормовой якорь.